

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Ostrovní provoz výroby a spotřeby elektřiny, tepla
a chladu obchodního centra

Island – network operation of shopping centre
electricity, heating and cooling production

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Ludík

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Ostrovni provoz výroby a spotřeby elektřiny, tepla a chladu obchodního centra
Island-network operation of shopping centre electricity, heating and cooling production

Zásady pro vypracování:

V bakalářské práci zpracujte následující problematiku:

- o Energetické bilance zadaného objektu pro jednotlivé druhy energií (roční a denní výkonové).
- o Návrh technického zařízení pro výrobu jednotlivých energií – primární palivo zemní plyn.
- o Definování možných rizik a jejich řešení.
- o Legislativní rámec.
- o Ekonomické vyhodnocení.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- o Interní databáze Dalkia Česká republika a.s., RSEM-ZDS spotřeb energií obchodních center.
- o Kolektiv autorů: Topenářská příručka, svazek 1 až 3, GAS 2001 a ČSTZ 2007
- o Josef Karafiát: Centralizované zásobování chladem, Teplárenské sdružení 2005
- o <http://www.eru.cz/>
- o <http://www.rwe.cz/>
- o Další podle pokynů vedoucího práce

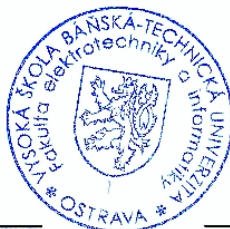
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta o autorství

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Datum odevzdání: 4. 5. 2012



.....

Na tomto místě chci vyjádřit svůj dík panu Ing Liborovi Valovému a doc. Ing. Radomíru Goňovi Ph.D, za vedení mé práce, připomínky a poskytnutou literaturu. Dále pak rodičům za usilovnou podporu při studiu.

Abstrakt

Vzniklá práce se zaměřuje na zvyšování využitelnosti energie přivedené ve fosilním palivu. Formou konkrétního příkladu modelového obchodního domu je zde navržena možnost spotřeby tepelné energie vznikající jako vedlejší produkt při výrobě elektrické energie.

Kogenerační jednotce jako ústřednímu členu nákupního centra a principům jednotlivých zařízení je věnována první obecná část. Další část se věnuje výpočtu potřeb energií pro zvolené rozměry objektu a nadimenzování výkonu kogeneračních jednotek. V závěrečné kapitole je pak řešena ekonomie zvolené metody a doba návratnosti proti konvenčním metodám zajišťujícím dodávku potřebných energií.

Abstract

Availability increase of energy delivered in fossil fuels is focused on in the work. A model department store is used as an example on which possible utilization of heat energy produced as a side product on electric power generation is presented.

In the first general part there is a description of the cogeneration unit as the central element of the department store as well as the principles of the components. The next part deals with calculation of demand of energy for specific dimensions of the constructed facility and proportioning of output of the cogeneration unit. The final part is concerned with economy of the applied method and its payout period in comparison to conventional methods of energy supply.

Klíčová slova

Kogenerační jednotka, chlazení, tepelná energie, elektřina, teplá voda

Key Words

cogeneration unit, cooling, heat energy, electricity, hot water

Obsah bakalářské práce

1. ÚVODNÍ ČÁST	5
2. OBECNÉ PRINCIPY	6
2.1 KOGENERACE.....	6
2.1.1 Kogenerace s parní odběrovou nebo protitlakou turbinou.....	6
2.1.2 Kogenerace s plynovými turbinami (plynový nebo paroplynový oběh)	7
2.1.3 Kogenerace s pístovými spalovacími motory.....	9
2.1.4 Porovnání kogeneračních zařízení.....	9
2.2 PALIVO A ENERGIE	10
2.2.1 Fosilní paliva	10
2.2.2 Paliva obnovitelná	11
2.3 VÝROBA CHLADU	12
2.3.1 Kompresorové chladicí jednotky.....	12
2.3.2 Absorpční princip chlazení	13
2.3.3 Porovnání kompresorového a absorpčního chlazení.....	15
2.4 VYBRANÁ ZAŘÍZENÍ TEPELNÝCH SOUSTAV	15
2.4.1 Větrací systémy	15
2.4.2 Nucené mechanické větrání	15
2.5 VÝMĚNÍKY A OHŘÍVAČE	17
2.5.1 Výměníky.....	17
2.5.2 Ohřivače užitkové vody.....	18
2.6 ČERPADLA A VENTILÁTORY	19
2.6.1 Čerpadla	19
2.6.2 Ventilátory	19
3. LEGISLATIVNÍ RÁMEC.....	22
3.1 ZÁKLADNÍ TEZE	22
3.2 ENERGETICKÁ LEGISLATIVA EVROPSKÉ UNIE.....	22
3.2.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES ze dne 11. února 2004	22
3.3 ENERGETICKÁ LEGISLATIVA ČESKÉ REPUBLIKY.....	23
3.3.1 Zákon č. 406/2000 Sb., ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií ve znění pozdějších změn.....	23
3.3.2 Úplné znění zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) ve znění zák. č. 314/2009 Sb., ze dne 11.09.2009 a ve znění pozdějších změn (zák. č. 155/2010 Sb., zák. č. 211/2011 Sb. a zák. 299/2011 Sb.).....	24
3.3.3 Vyhláška 344/2009 Sb. ze dne 30. září 2009 o podrobnostech způsobu určení elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, založené na poptávce po užitečném teple a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů	24
4. TECHNICKÁ ČÁST	25
4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO OBJEKTU.....	25
4.1.1 Provozní řešení	25
4.1.2 Stavebně technické a technologické řešení	25
4.2 SPECIFIKA POUŽITÉ TECHNOLOGIE.....	27
4.2.1 Kogenerační jednotky	27
4.2.2 Palivo, přívod plynu.....	27
4.2.3 Spalovací motor.....	28
4.2.4 Generátor.....	28
4.2.5 Tepelný systém, tepelné výměníky.....	29
4.2.6 Odvod spalin.....	31
4.2.7 Hlukové parametry:	31
4.2.8 Náplně – olejové hospodářství.....	31
4.2.9 Rozsah dodávky.....	32
4.3 REGULAČNÍ STANICE PLYNU	32

5. ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE	33
5.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE	33
5.2 ZAJIŠTĚNÍ DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE	34
5.2.1 Silnoprůdové rozvody	34
5.2.2 Slaboprůdové rozvody	35
5.3 OSTROVNÍ REŽIM KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK	36
5.3.1 Ostrovní provoz.....	36
5.3.2 Uvedení do provozu	36
5.3.3 Připojování generátoru.....	37
5.3.4 Odpojování generátoru.....	37
6. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT MODELOVÉHO OBJEKTU, POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV	38
6.1 POTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ	39
6.1.1 Rekapitulace vstupních údajů:	39
6.2 SPOTŘEBA CHLADU	40
6.2.1 Chlad k eliminaci tepelných zisků z provozu uvnitř budovy a oslunění	40
6.2.2 Technologický chlad	41
6.3 OHŘEV TUV	41
6.3.1 Bilance potřeby TUV.....	42
6.4 VÝPOČTOVÁ ROČNÍ SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE	43
6.4.1 Výpočtová měsíční spotřeba tepelné energie	43
7. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	45
7.1 REKAPITULACE ÚDAJŮ	45
7.2 PŘEDBĚŽNÝ PROPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ.....	45
7.2.1 Kogenerační jednotky	45
7.2.2 Absorbce	46
7.2.3 Kotelna.....	47
7.2.4 Regulační stanice plynu:.....	47
7.3 PŘEDBĚŽNÝ PROPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ:	48
7.4 RIZIKA KOMBINOVANÉ VÝROBY ENERGIE	48
8. ZÁVĚR	50

Seznam obrázků

OBR. 1 SCHÉMA PARNÍ KOGENERACE S KONDENSAČNÍ ODBĚROVOU TURBÍNOU	7
OBR. 2 SCHÉMA PLYNOVÉ KOGENERACE S PLYNOVÝM TEPELNÝM OBĚHEM	7
OBR. 3 SCHÉMA PLYNOVÉ KOGENERACE S PAROPLYNOVÝM TEPELNÝM OBĚHEM	8
OBR. 4 SCHÉMA PLYNOVÉ KOGENERACE S CHENGOVÝM CYKLEM.....	8
OBR. 5 SCHÉMA PLYNOVÉ KOGENERACE S PÍSTOVÝM SPALOVACÍM MOTOREM	9
OBR. 6 ZNÁZORNĚNÍ HOSPODÁRNOSTI A ZHODNOCENÍ PŘÍVEDENÉ ENERGIE PŘI SDRUŽENÉ A SEPAROVANÉ VÝROBĚ ELEKTRICKÉ ENERGIE.	10
OBR. 7 SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ KOMPRESOROVÉHO CHLADÍČÍHO CYKLU	13
OBR. 8 SCHÉMA ABSORPČNÍHO CHLADÍČÍHO CYKLU	14
OBR. 9 PLYNOVÝ MOTOR TCG 2016 V16, DEUTZ	28

Seznam tabulek

TAB. 1. TABULKA VÝKONOVÉ ŘADY KOGENERACNÍCH JEDNOTEK.....	10
TAB. 2 HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY KOMPRESOROVÝCH CHLADÍČÍCH JEDNOTEK	13
TAB. 3 HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY ABSORPČNÍCH JEDNOTEK	15
TAB. 4 TECHNICKÉ PARAMETRY PLATNÉ PRO ZEMNÍ PLYN:	27
TAB. 5 CHARAKTERISTIKA PLYNOVÉHO MOTORU TCG 2016 V16, DEUTZ	28
TAB. 6 TECHNICKÉ PARAMETRY GENERÁTORU	28
TAB. 7 ROZMĚRY KOGENERACNÍ JEDNOTKY	29
TAB. 8 BAREVNÉ PROVEDENÍ	29
TAB. 9 PARAMETRY SEKUNDÁRNÍHO OKRUHU:.....	29
TAB. 10 PARAMETRY PRIMÁRNÍHO OKRUHU:.....	30
TAB. 11 PARAMETRY TECHNOLOGICKÉHO OKRUHU:	30
TAB. 12 PŘEHLED MĚSÍČNÍ SPOTŘEBY TEPELNÉ ENERGIE.....	43
TAB. 13 ODHAD INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ	48

Seznam použitých symbolů a zkratk

CZT	centralizované zásobování teplem	
EPS	elektronická požární signalizace	
EZS	elektronická požární signalizace	
KJ	kogenerační jednotka	
MaR	měření a regulace	
ORC	organický Rankinův cyklus	
TUV	teplá užitková voda	
UPS	UnInterruptable Power Supply – zdroj nepřetržitého napájení	
VTL	vysokotlaký zemní plyn	
e	modul teplárenské výroby	
G_w	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	[-]
H_T	měrná tepelná ztráta prostupem tepla	[W/K]
U_{eq}	ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou	[W/(m ² .K)]
U	součinitel prostupu tepla jednotlivých stavebních částí	[W/(m ² .K)]
ΔU	korekční činitel	[W/(m ² .K)]
V_{ex}	množství odváděného vzduchu	[m ³ /s]
V_{su}	množství přiváděného vzduchu	[m ³ /s]
f_{gl}	korekční činitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty	[-]
n	intensita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
t_{en}	výpočtová venkovní teplota	[°C]
$t_{e,m}$	průměrná roční teplota venkovního vzduchu	[°C]
t_{in}	návrhová (výpočtová) vnitřní teplota	[°C]
Φ_{RH}	korekce ztrát, přerušovaný zátop	[W]
Φ_T	celková návrhová tepelná ztráta objektu prostupem	[W]
Φ_V	celková návrhová tepelná ztráta objektu větráním	[W]

1. ÚVODNÍ ČÁST

Podmínky dané lokalitou České republiky zde předurčují výrobu elektrické energie převážně v tepelných elektrárnách přeměnou chemické energie fosilních paliv, zejména pak tuhých ale i kapalných a plyných. Většina tepelných elektráren u nás spaluje hnědé nebo černé uhlí, a proto jsou elektrárny situovány do blízkosti nalezišť těchto surovin. energii přivedenou ve fosilním palivu přeměníme v kondenzačních elektrárnách na energii elektrickou v nejlepším případě s účinností 35%, v moderních paroplynových elektrárnách až s účinností 60%. S rozvojem plynofikace se nabízí další možnosti ve vytváření decentralizovaných energetických zdrojů. Jedním z mnoha možných řešení je kombinovaná výroba elektřiny a tepla realizovaná pomocí kogeneračních jednotek. Kogenerační jednotka pracuje také na principu teplotní roztažnosti látek, ale oproti kondenzačním elektrárnám kde je tepelná energie mařena v chladicích věžích, se tady spotřebovává pro vytápění objektu v otopném období a v letních měsících můžeme odpadní teplo využít k výrobě chladu pomocí absorpční techniky. Toto je velmi výhodné, jelikož je zaručen odběr tepla po celý rok, zařízení může být instalováno přímo do objektu, tudíž nevznikají ztráty při dopravě tepla, jako je tomu u centralizovaných zdrojů. U nás je výroba kogeneračních jednotek zastoupena firmou TEDOM její historie výroby sahá až do roku 1991. Firma vlastní výrobu spalovacích motorů LIAZ v Jablonci nad Nisou navzdory tomu montuje do svých jednotek i jiné motory značek Deutz, Caterpillar. Výkonová škála výrobků se pohybuje od 7 do 2000 kW_e.

Z uvedeného vyplývá, že pro potřeby záměru nového obchodního centra v blízkém okolí Ostravy, v oblasti s nezajištěnou dodávkou elektrické energie bude jako zdroj této energie využito kogeneračních jednotek. Primárním palivem je VTL zemní plyn.

2. OBECNÉ PRINCIPY

2.1 KOGENERACE

Výroba elektrické energie je velmi úzce spjata s produkcí tepla. Spotřebou (možno ji i akumulovat) tohoto tepla stoupá využitelnost primárního paliva přivedeného do systému. Český původní název pro kogeneraci – teplárna vystihuje fakt, že v kombinovaném zdroji se vyrobí více tepla než elektřiny, vyjádřeno ve stejných jednotkách. Poměr vyrobeného množství elektřiny k množství odvedeného tepla nazýváme teplárenský modul e . Jeho velikost podle zařízení může nabývat hodnot $0,2 - 1$ v nejlepších případech.

Přeměnu mechanické energie na energii elektrickou zajišťuje synchronní nebo asynchronní generátor. Generátor je možno pohánět několika způsoby. Podle toho pak dělíme kogenerační zařízení, na:

- teplárny s parními protitlakými nebo odběrovými turbinami na fosilní paliva
- teplárny s plynovými turbinami na zemní plyn a plynovým nebo paroplynovým tepelným oběhem
- teplárny s pístovými motory spalující zemní plyn

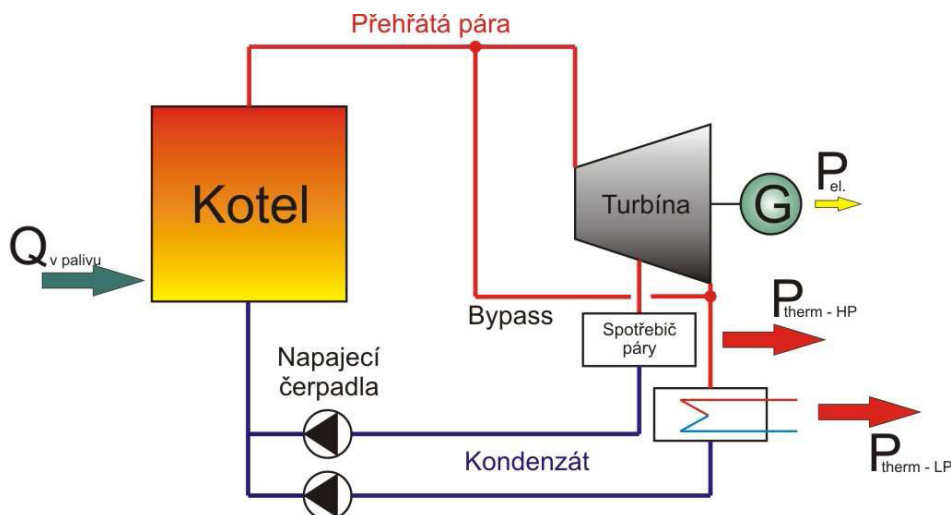
Tyto tři druhy se vyskytují nejčastěji. První dva slouží, většinou jako zdroje velkých výkonů dodávající teplo celým městským obvodům tzv. centralizované zdroje tepla CZT. Existuje samozřejmě daleko více druhů kogenerací:

- zařízení na rostlinnou biomasu (fytomasu) s turbinami pracujícími s organickou teplonosnou látkou (ORC – organický Rankinův cyklus)
- kogenerace na bázi chemických palivových článků.
- geotermální teplárny
- kogenerace se Stirlingovým motorem

S těmito zdroji se potkáme v praxi spíše vyjimečně, jelikož pořizovací náklady jsou dost vysoké a modul teplárenské výroby malý. Potenciál pro další využití v budoucnosti mají, proto procházejí intenzivním vývojem. Geotermální teplárny využívající teplo horkých pramenů jsou v našich končinách také dost neobvyklé.

2.1.1 Kogenerace s parní odběrovou nebo protitlakou turbinou

Jedná se o způsob výroby elektrické energie a tepla využíváním Rankinova - Clausiova cyklu. Parní kotel produkuje přehřátou páru jakožto hnací médium pro protitlakou nebo odběrovou turbinu, pohanějí elektrický generátor. Pára v turbině neexpanduje až do konce, jako v kondenzačních elektrárnách ale je odebírána dříve kdy její parametry umožňují vytápění nebo využití pro procesní účely. Hodnota páry odebíraná z protitlaku turbíny se volí od $0,15$ MPa a výše, kdy pára má aspoň 110°C . Teplárna tak dodává asi jen $8 - 12\%$ elektrické energie. Avšak účinnost celková včetně tepla je asi $74 - 84\%$. Použití parní turbíny prakticky vylučuje možnost nasazení této technologie pro malé zdroje. Velmi výhodné je použití těchto turbin pro velké výkony kde lze užít levné palivo jako uhlí a biomasa. Nejmenší výkony vyráběných turbin jsou od 100 kW.



Obr. 1 Schéma parní kogenerace s kondenzační odběrovou turbínou

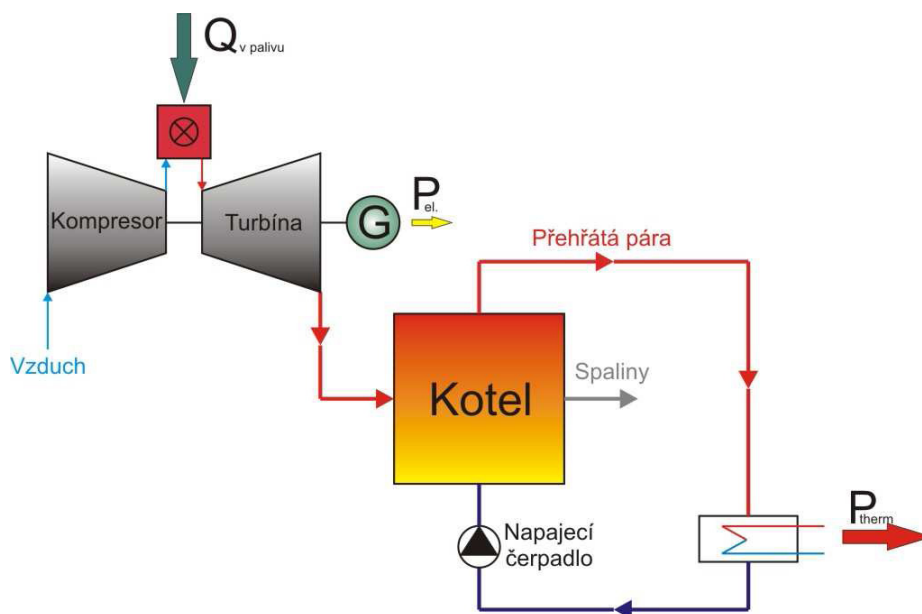
2.1.2 Kogenerace s plynovými turbinami (plynový nebo paroplynový oběh)

Každá termodynamická změna je realizována v jiné části motoru:

- v kompresoru (adiabatická komprese)
- ve spalovací komoře (spalování paliva)
- v turbíně (adiabatická expanze)

Plynový oběh

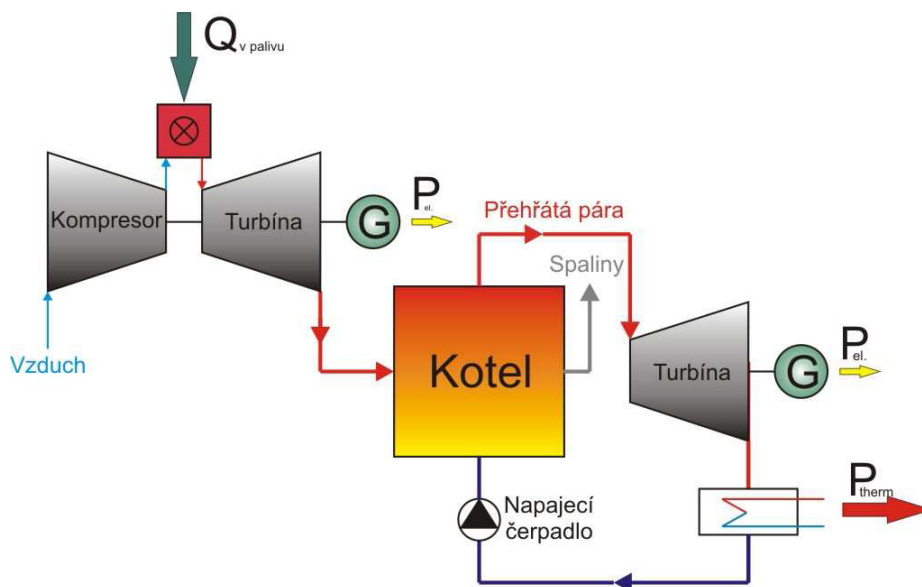
Spaliny vzniklé spalováním plynu za vysokého tlaku proudí velkou rychlostí do plynové turbíny, kde se jejich tlaková energie konvertuje na energii mechanickou (Braytonův plynový cyklus). Roztočená turbína pak pohání nejen generátor generující elektrický proud ale i turbokompresor, jenž dodává stlačený vzduch do spalovací komory. Turbokompresor, turbína a generátor jsou osazeny na jednom hřídeli. V turbíně expandují spaliny na tlak blízký se tlaku okolí ale jejich teplota je dostatečně vysoká (cca 500°C) pro další využití. Proto se výměníkem zapojeným za turbínou ohřívá voda pro topení, TUV nebo pára pro procesní účely.



Obr. 2 Schéma plynové kogenerace s plynovým tepelným oběhem

Paroplynový oběh

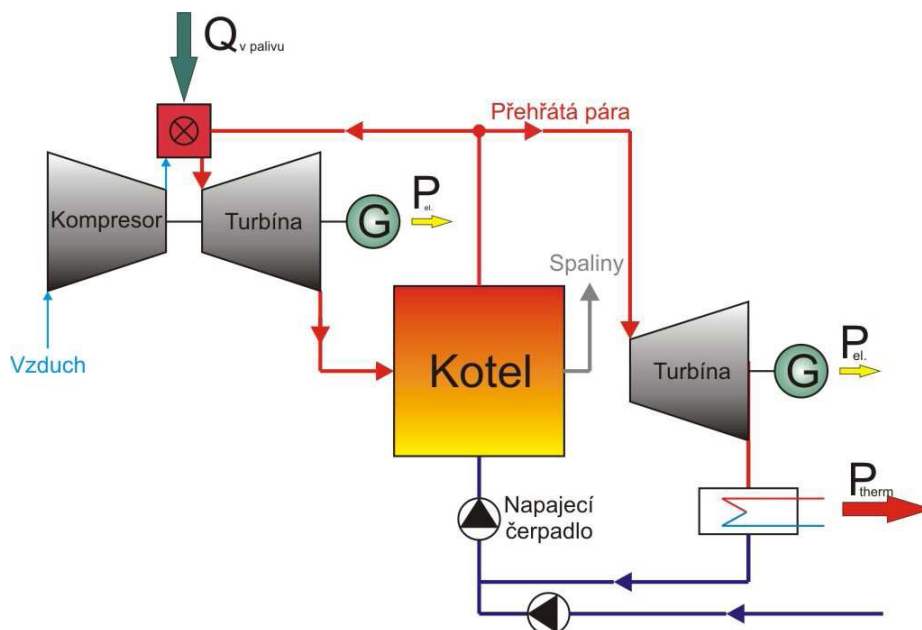
Spojením parní a plynové turbíny vzniká cyklus paroplynový. Odpadním teplem obsaženým ve spalínách je vyráběna pára ve spalínovém výměníku (kotli), jenž pohání ještě jednu turbínu. Pro splnění požadavku na vysokou teplotu spalín, je v některých případech vhodné instalovat do kotle přehřívací hořák. Spojením obou typů oběhů se eliminují jejich nevýhody a využijí výhody, čímž lze dosáhnout vyšší účinnosti než u samostatných oběhů



Obr. 3 Schéma plynové kogenerace s paroplynovým tepelným oběhem

Chengův paroplynový oběh

Tento cyklus spočívá v tom, že přehřátá pára generovaná spalínovým výměníkem (kotlem) je vyvedena zpátky do spalovací komory a spolu se spalínami i na turbínu. Vyšší obsah vodní páry ve spalínách je příznivý pro dosažení větší měrné expansní práce a v důsledku toho většího výkonu spalovací turbíny, která částečně přebírá funkci parní turbíny.

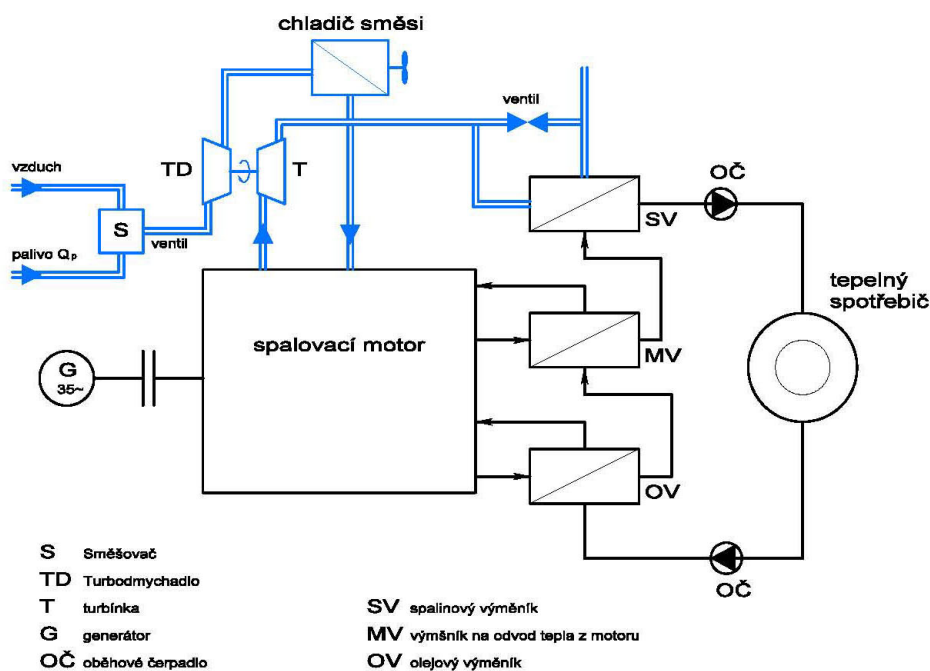


Obr. 4 Schéma plynové kogenerace s Chengovým cyklem

Výhodou je jednoduchost turbíny a kotle, dobrá regulovatelnost a variabilita provozu. Naproti tomu stojí vysoké pořizovací náklady a spotřeba upravené vody vyváděná do atmosféry.

2.1.3 Kogenerace s pístovými spalovacími motory

Princip motoru je totožný s klasickým pístovým motorem v autě, pracující s otevřeným Otto-vým (v případě přeplňování Sabateovým) cyklem. Jako palivo se používá zemní plyn smísený ve směšovači se vzduchem. Před vstupem do spalovací komory je turbodmychadlem zápalná směs stlačena a ještě chlazená externím chladičem, protože při kompresi dochází k zahřívání. Směs je vedena do spalovací komory, kde po zapálení prostřednictvím pístu koná translační mechanickou práci, která se klikovým hřídelem převádí na práci rotační a v generátoru na energii elektrickou. Ten může být s motorem spojen převodovkou nebo jen spojkou. Ve většině případů se otáčky motoru volí obdobné jako otáčky generátoru právě z důvodu absence převodovky. Výměníky zapojené do série odnímají teplo z bloku motoru, oleje a odcházejících spalin. Nejčastěji používaný teplotní spád 90/70 °C méně častý 130/80 °C. Jednotka má pro případ nouze instalovaný chladič a obtok spalínového výměníku. Celková účinnost může být od 80 - 90%, účinnost elektrická závisí na velikosti jednotky v nejlepších případech, však nepřekračuje 41%.



Obr. 5 Schéma plynové kogenerace s pístovým spalovacím motorem

2.1.4 Porovnání kogeneračních zařízení

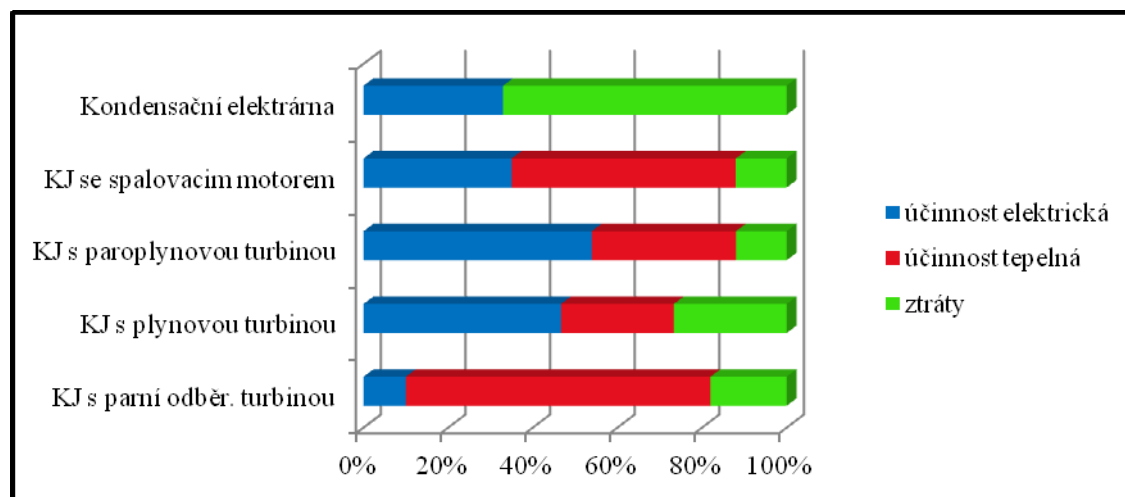
Srovnávání kogeneračních zařízení je možno provést z hlediska účinnosti a modulu teplotenské výroby e. Účinnost závisí na konkrétních parametrech zařízení nebo provozním režimu, proto je v tab.1 uváděno pravděpodobné rozpětí. Musíme brát v úvahu, že údaje v tabulce jsou relevantní když, každá kogenerační jednotka pracuje ve výkonové řadě pro ni typické.

Tab. 1. Tabulka výkonové řady kogeneračních jednotek

Kogenerační zařízení	η_e [%]	η_t [%]	η_{kg} [%]	Výkon [kW_{el}]
Spalovací motor	27 - 42	53 - 45	80 - 91	7 - 5000
Paroplynová turbína	42 - 55	45 - 40	87 - 90	od 20 000
Plynová turbína	24 - 41	50 - 40	75 - 81	od 500
Parní odběrová turbína	5 - 10	75	80 - 85	od 200

Použitím kombinované výroby je ušetřeno asi 40 % nákladů, jenž by museli být vynaloženy v zimních měsících na otop. Mimo jiné vzniká elektřina a teplo v místě spotřeby a tak odpadají výdaje na budování horkovodů, parovodů a jiných distribučních prvků.

Graf ukazuje účinnost a teplotní modul výše popsaných technologií. Vzhledem k Tab. 1, ze které vychází je zřejmé, že hodnoty se nachází v určitém rozpětí.



Obr. 6 Znárodnění hospodárnosti a zhodnocení přivedené energie při sdružené a separované výrobě elektrické energie.

2.2 PALIVO A ENERGIE

2.2.1 Fosilní paliva

Paliva vhodná pro výrobu elektrické energie jsou všechna přírodní fosilní paliva vzniklá v prehistorické době odumíráním a rozkladem organických hmot bez přístupu kyslíku. Vyskytují se ve skupenství pevném (uhlí), kapalném (ropa) i plynném (zemní plyn). Z těchto přírodních fosilních paliv se lehce vyrábí paliva umělá jako např.: koks, topné oleje, svítiplyn nebo propan – butan.

Pevná paliva

Podle toho jakým stářím palivo disponuje, je můžeme rozdělit:

- rašelina (stáří asi 10 tisíc roků)
- hnědé uhlí (stáří cca 1 milion roků)
- černé uhlí (stáří cca 3 miliony roků)
- antracit (stáří cca 5 milionů roků)

Složení tuhých paliv určuje jejich kvalitu. Každé palivo se skládá z hořlaviny a balastu. Ta část paliva, jejímž oksylováním se uvolňuje chemicky vázané teplo, nazýváme hořlavinou. Hořlavinu většinou tvoří aktivní látky uhlík (C), síra (S), vodík (H) a pasivní látky kyslík (O) a dusík (N). Jako balast označujeme popeloviny a vodu, s rostoucím obsahem těchto látek v palivu klesá energetická hodnota (tepelný obsah) a palivo tím ztrácí na ceně. Mezi hlavní složky popelovin patří jílové minerály, karbonáty, sulfidy, sulfáty a další.

Kapalná paliva

Kapalná paliva se vesměs všechna získávají ze surové ropy, která je složena z celé řady kapalných uhlovodíků a malého množství příměsí. Zpracování surové ropy probíhá ve dvou fázích. V první fázi se frakční destilací oddělují jednotlivé produkty lišící se bodem kondenzace. Ve druhé fázi jsou neoddestilované produkty ze dna destilační nádoby zpracovány, v krakovacím zařízení štěpením uhlovodíků s dlouhými molekulovými řetězci pod vysokými tlaky a teplotami.

Obecně můžeme rozdělit kapalná paliva vzniklá

- a) v destilační věži:
propan, kerosin, benzin, petrolej, nafta, LTO, TTO, bitumeny
- b) v krakovacím zařízení
plyn, benzin, dehtový olej, LTO, TTO

Z uvedeného je vidět, že některé produkty můžeme získat i více způsoby.

Plynná paliva

Největší výhody plyných paliv proti kapalným a tuhým jsou:

- nízká měrná emise znečišťujících látek NO_x , CO, SO_2 , pevné částice
- v paroplynovém cyklu velmi vysoká účinnost výroby elektřiny
- nejnižší měrná emise skleníkového plynu CO_2 ze všech fosilních paliv
- jednoduchá regulace zabraňuje tvorbě sazí

Plyn je směsí několika hořlavých plynů (vodík H_2 , metan CH_4 , další vyšší uhlovodíky), inertních plynů (oxid uhličitý CO_2 , dusík N_2 , a dalších). Balastem (přítěží) je vodní pára a nehořlavé plyny.

Podle původu topných plynů můžeme provést dělení na přírodní (zemní plyn, zemní plyn z ropných nalezišť) a průmyslové plyny (svítiplyn, koksárenský plyn, kychtový plyn, butan, propan).

Vlastnosti topných plynů, podle kterých se určuje jejich využití a technologie spalování jsou:

1. spalné teplo
2. výhřevnost
3. relativní hustota plynu (poměr hustoty plynu a hustoty suchého vzduchu, při shodných podmínkách)
4. teplota vznícení plynu
5. rychlost hoření plynu

2.2.2 Paliva obnovitelná

I plynná biopaliva získaná činností skládek, nebo živočišných a rostlinných organismů najdou své uplatnění. Jejich výhřevnost nedosahuje takových hodnot jako plyny získané zpracováním paliv fosilních.

Pevná biopaliva z důvodu malého energetického obsahu v objemové jednotce a kvůli proměnlivému množství vody tak často momentálně používaná nejsou.

2.3 VÝROBA CHLADU

K produkci technologického chladu se nejčastěji používá kompresorová nebo absorpční metoda.

2.3.1 Kompresorové chladicí jednotky

Princip této funkce je založen na uzavřeném chladicím cyklu pracovní látky. Má čtyři fáze:

V první fázi kompresor poháněný nejčastěji elektromotorem stlačuje pracovní látku na vysoký tlak. To má za následek i zvyšování teploty.

Ve druhé fázi pracovní látka kondenzuje při vysokém tlaku v kondenzátoru na nízkou teplotu – předává teplo do okolí (teplo odvádějí zpravidla vodní nebo vzduchové chladiče). Tímto dochází k jejímu přechodu do kapalně fáze při konstantní teplotě kondenzace cca $+30^{\circ}$ až $+40^{\circ}\text{C}$.

Ve třetí expansní fázi pracovní látka v kapalném stavu a vysokém tlaku prochází expansním ventilem, kde je po expansi na nízký tlak vstříkována do výparníku.

Odpařování jako čtvrtá část je důsledek nízkého tlaku ve výparníku, čímž dochází k odjímání tepla z okolí – výroba chladu; odpařená látka je při nízkém tlaku a teplotě opět nasávána kompresorem a celý cyklus se opakuje.

Náročná první část stlačování odpařené pracovní látky, má za následek asi desetkrát větší spotřebu elektrické energie než absorpční chlazení, proto je volba kompresoru velmi důležitá. U malých chladicích jednotek (do $1,5\text{ kW}_{\text{ch}}$) se používají membránové kompresory. Mají nižší účinnost než ostatní typy. Instalují se do domácích spotřebičů jako ledničky, chladničky atd. Pístové kompresory se využívají jak u malých zařízení, tak i u větších chladicích jednotek s výkony až několik stovek kW_{ch} . Pro chladicí výkony (až do 7 MW_{ch}) se užívají šroubové (axiální) kompresory, které mají vysokou účinnost a jsou velmi vhodné pro vysokotlaké cykly s amoniakem jakožto pracovní látkou. Ve srovnání s radiálními kompresory se projevují větší hlučnosti. Ve velkých chladicích jednotkách (až do 25 MW_{ch}) se ke kompresi využívají radiální (odstředivé) kompresory. Dobře se přizpůsobují změnám chladicích výkonů. Menší účinnost v porovnání s axiálními kompresory je daň za malé rozměry, spolehlivý chod a nižší provozní náklady.

K pohonu kompresorových chladicích jednotek bývají nejčastěji voleny elektromotory. U radiálních kompresorů je možno s výhodou použít i elektropohony s regulací otáček. Používají se také k pohonu i parní turbíny, plynové motory, nebo plynové turbíny. Pohony spalovacími motory a parními turbinami jsou často instalovány jako záložní zdroje pro případ výpadku dodávek elektrické energie.

Kondenzátory a výparníky tvoří hermeticky uzavřené nádoby s deskovými výměníky nebo vnitřními trubkovnicemi. U větších chladicích jednotek se teplo z kondenzátoru odvádí samostatným chladicím okruhem s čerpadlem zajišťující cirkulaci vody mezi kondenzátorem a externí chladicí věží.

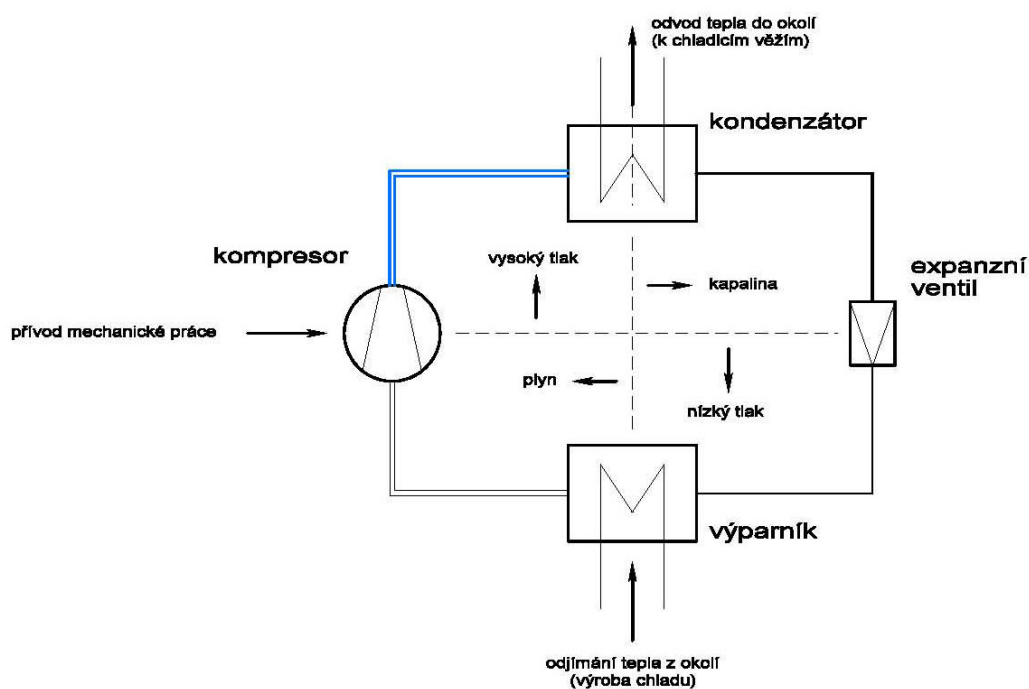
Škrticí ventily zajišťují expansi pracovní látky. Průtočný odpor škrticího ventilu se rovná požadovanému tlakovému rozdílu kapaliny mezi kondenzátorem a výparníkem.

Pracovní látka měnící plynné a kapalně skupenství musí mít odpovídající fyzikální, tepelné a chemické vlastnosti. Tyto kriteria nejlépe splňují chladicí látky na bázi chlorofluorocarbonu (CFC), v minulosti však byly označeny jako prapůvodce vzniku ozónových děr. Blízká budoucnost tak patří látkám HFC (R 125, R 134a, R 23, R 32, R 143a) a látkám vyskytujícím se v přírodě (NH_3 , propan, CO_2).

Existuje možnost s použitím amoniaku jako pracovní látky, která nemá vliv na stratosférický ozón a má i dobré chladicí charakteristiky, ale v případě netěsností systému se do okolí dostávají i toxické látky.

Tab. 2 Hlavní technické parametry kompresorových chladicích jednotek

	Kompresorové chladiče		
	Membránové	Šroubové	Radiální
Primární energie	Mechanická práce	Mechanická práce	Mechanická práce
Chladivo	R 113a, HCFC, NH ₃	R 113a, HCFC, NH ₃	R 113, HCFC, NH ₃
Chladicí faktor	4 až 6	4 až 6	Do 5,5
Výkony [MW]	0 až 1,5	0,3 až 7	0,5 až 25



Obr. 7 Schématické znázornění kompresorového chladicího cyklu

2.3.2 Absorpční princip chlazení

Absorpční chladicí jednotky využívají jako primární energii pro výrobu chladu teplo, místo rotační mechanické práce. Jako výhodné se jeví využít teplo právě z kogenerační jednotky, které nemá využití pro otop v letních měsících ale konverzí na chlad je možno odvádět tepelné zisky budovy z oslunění nebo použít pro výrobu technologického chladu. Pracovní látka zde není stlačována mechanicky, ale absorbována při nízké výparné teplotě absorpční látkou. Jsou zde tedy potřeba dvě látky o různých teplotách varu:

- Chladivo – které se vypařuje a kondenzuje, což bývá většinou voda
- Absorbent – je zastoupen LithiumBromidem (LiBr)

Používají se i jiné látky např. amoniak (NH₃), vždy ale s ohledem na nebezpečí toxikace prostředí v případě jeho úniku vinou netěsností systému.

Absorpční cyklus má několik fází, v němž obíhá pracovní látka.

1. Vypařování – Chladivo (voda – látka s nižší teplotou varu) se z absorpční látky (LiBr) přívodem tepelné energie ve vypuzovací vypařuje a v plynném skupenství je vedena do kondenzátoru. Neodpařená část absorbentu (chudá směs) je odváděna do absorbéru.

2. Kondenzace – v kondenzátoru se chladivo při vyšším tlaku chladí na nízkou teplotu vodními nebo vzduchovými chladiči. Látka se opět dostává do kapalné fáze o vysokém tlaku. V tomto stavu prochází expanzním ventilem, kde je po expansi na nízký tlak vstříkována do výparníku.

3. Odpařování – v důsledku nízkého tlaku ve výparníku se pracovní látka vypařuje, čímž odjímá teplo z okolí – vyrábí chlad. Následně za nižšího tlaku a teplotě putuje do absorbéru.

4. Absorpce – páry chladiva z výparníku se v absorbéru setkávají s kapalným absorbentem, dochází k pohlcování par chladiva s absorpční látkou. Smíšená (bohatá) směs absorbentu a chladiva je pak pomocí čerpadla opět dávkována do vypuzovače.

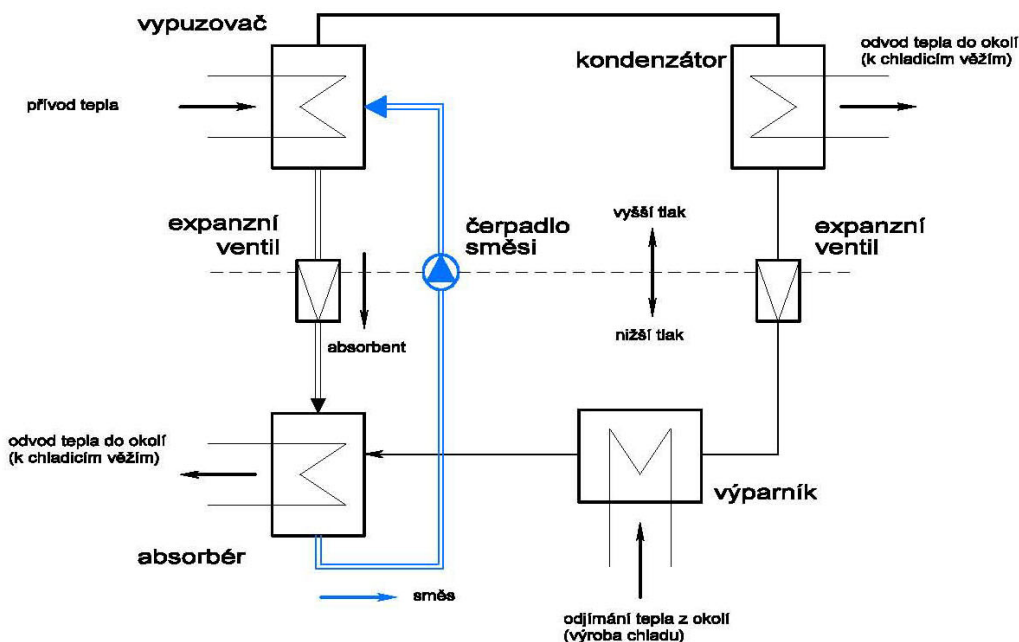
Jednostupňové absorpční chlazení pracuje na výše popsané bázi. Některé chladiče poháněné párou nebo horkou vodou mohou být koncipovány jako dvoustupňové. Což znamená, že teplo obsažené v odpařeném chladivu je využíváno k dodatečnému ohřívání směsi ve druhém vypuzovači. Tímto zdokonalením dochází ke zvýšení účinnosti.

Jednostupňové chladiče se spokojí s teplotou topného média asi 65° až 140°C a chlad vyrábí s účinností 60 – 80% přiváděné energie.

Dvoustupňový cyklus spotřebuje až o 45% přiváděného tepla méně, potřebuje ovšem teplotu topného média vyšší než 170°C.

Absorpční chladicí zařízení jsou vyráběna ve velkém výkonovém spektru. Malé kompaktní jednotky od nepatrných výkonů až po výkony 5,8 MW_{ch} u jednostupňového chlazení, u dvoustupňového cyklu je to ještě víc.

Bezhlukový chod absorpčního chlazení je dosažen snížením pohybujících se částí na minimum. Vyjma dvou hermeticky uzavřených čerpadel zde není rotující část.



Obr. 8 Schéma absorpčního chladicího cyklu

Tab. 3 Hlavní technické parametry absorpčních jednotek

	Absorpční chladiče	
	Jednostupňové	Dvoustupňové
Primární energie	Teplá voda od 80°C	Pára nebo spaliny od teploty 170°C
Chladivo	H ₂ O + LiBr ; NH ₃ + LiBr	H ₂ O + LiBr ; NH ₃ + LiBr
Chladicí faktor	0,6 až 0,8	1,2 až 1,4
Výkony v [MW]	0,1 až 5,8	0,1 až 5,3

2.3.3 Porovnání kompresorového a absorpčního chlazení

Výkon absorpčních chladicích jednotek značně závisí na teplotě hnací energie. Při poklesu teploty vstupní primární energie klesá také chladicí výkon. Pro dosažení podobného chladicího výkonu jaký dosahují kompresorové jednotky je zapotřebí více chladicích ploch, to má za následek vyšší pořizovací náklady. Provozní náklady na elektrickou energii jsou v nejběžnějších případech, kdy je kompresorový chladič touto energií poháněn asi desetkrát menší u absorpčních jednotek, jelikož cyklické stlačování páry je výkonově i energeticky dalekovíce náročnější.

U absorpčního chlazení je vyšší potřeba odvodu odpadního tepla. Najíždění a odstavování absorpčních jednotek vyžaduje více času, to ale nemá vliv na jejich jednodušší regulaci, která může být už od 10 - 100% nominálního výkonu. Kompresorové chladicí jednotky mají menší životnost a větší hlučnost způsobenou stlačováním pracovní látky, ale také dosahují vyššího chladicího faktoru.

2.4 VYBRANÁ ZAŘÍZENÍ TEPELNÝCH SOUSTAV

2.4.1 Větrací systémy

Větrací zařízení slouží k přívodu čerstvého venkovního vzduchu do vnitřních prostorů budov a k odvodu vzduchu znehodnoceného příměsími látkovými škodlivinami a produkovaným teplem.

Vzduch přiváděný do větraných místností nesmí obsahovat znečišťující škodlivé látky, proto se filtruje od prachu a plyných příměsí. V budovách s větracím systémem (nucená výměna vzduchu), kde je celková intenzita výměny vzduchu vyšší než $n = 1\text{h}^{-1}$, se doporučuje zařízení ke zpětnému získávání tepla ZZT z odpadního vzduchu. V případě požadavku na nucené větrání s intenzitou vyšší než $n = 2\text{h}^{-1}$ a delší než 8 h denně zařízení ke zpětnému získávání tepla se požaduje. Větrání umožňuje udržet hygienicky únosný tepelný stav prostředí.

Výměna vzduchu mezi vnitřním prostorem objektu a vnějším prostředím může probíhat samovolně nebo nuceně. Pak rozeznáváme ventilaci vzduchu:

- nucenou (mechanickou), průtok vzduchu proudí pomocí ventilátorů
- přirozenou, průtok vzduchu je vyvolán přirozeným tlakovým rozdílem

2.4.2 Nucené mechanické větrání

Podle toho, jestli vzduch je odváděn z celého větraného prostoru nebo pouze z části rozeznáváme nucené větrání jako:

- celkové nucené větrání
- místní přívod vzduchu
- místní odsávání

Celkové nucené větrání

Zajišťuje rovnoměrné odvětrávání celého pásma, místnosti, pracovní oblasti nebo technologického úseku, v němž se vyskytují lidé. Celkové větrání je užito tam, kde dochází ke znečištění vzduchu škodlivinami rovnoměrně v celém prostoru.

Celkovým nuceným větráním je možno zajistit ve větraných prostorech různé tlakové podmínky:

Podtlaková zařízení

Slouží k zamezení průniku znečištěného vzduchu do okolních prostorů nebo místností. Průtok nuceně odváděného vzduchu je větší než průtok nuceně přiváděného vzduchu. Podtlakové větrání se užívá v průmyslových provozech, laboratořích, umývárkách. Velikost podtlaku bývá 15 – 30 Pa.

Přetlaková zařízení

Zabraňují vniknutí znečištěného vzduchu do větraného prostoru. Průtok přiváděného vzduchu je větší než průtok vzduchu odváděného. Využívá se při větrání operačních sálů, velímech v čistém průmyslu.

Rovnotlaká zařízení

Omezují proudění netěsnostmi mezi větraným prostorem a okolím.

Nucené větrání by mělo vykonávat tyto funkce (vyžadují-li to provozní podmínky dané druhem větraného prostoru):

- přívod venkovního čerstvého vzduchu
- filtraci přiváděného vzduchu
- ohřev přiváděného vzduchu v zimním období
- odvod znečištěného vzduchu
- odlučování látkových škodlivin ze vzduchu odváděného do atmosféry

Klasický případ použití celkového nuceného větrání je u shromažďovacích místností a obchodních hal. Návrh průtoku čerstvého venkovního vzduchu se určuje pro extrémní zimní a letní podmínky. V zimním období musí být splněn požadavek na minimální intenzitu výměny vzduchu a přitom nesmí klesnout předepsaná teplota větraného prostoru. V letním období je nutno kalkulovat s velkou tepelnou zátěží způsobenou sluneční radiací prostupující prosklenými plochami a podle toho navrhnout průtok odváděného vzduchu.

Místní přívod vzduchu

Slouží k lokální úpravě teploty nebo čistoty vzduchu. Patří sem vzduchové clony, vzduchové sprchy a vzduchové oázy.

Vzduchové clony

Mají zamezit vnikání chladného vzduchu do budovy, který do ní proudí vlivem přirozeného podtlaku. Tento podtlak je způsoben rozdílem teplot uvnitř a vně budovy. Vzduchová clona vyfukuje proud teplého vzduchu proti proudu chladného vzduchu pronikajícího do budovy a zvyšuje tak hydraulický odpor otvoru, čímž se snižuje průtok chladného vzduchu vnikajícího do budovy. Instalují se nad vchodové dveře do výšky maximálně 3 m. Clonu tvoří vnitřní rám a krycí panely z lakovaného plechu. Výfuková komora je opatřena protihlukovou izolací. Vzduch vyfukují radiálně oboustranně sací ventilátory s regulací otáček. Pohon zajišťuje motor osazený oběžnými koly na jednom hřídeli s vyvedeným termokontaktem, který při přetížení dá povel k odpojení napájení.

Pro co nejlepší využití tepla z kogeneračních jednotek je možno použít clony s vodním ohřevem. Tyto clony ale standardně neobsahují žádný způsob regulace teploty výstupního vzduchu. Aby nedocházelo k přehřívání motorů a elektroinstalace, smí být napojen teplovodní okruh o maximální teplotě 90°C a maximálním provozním tlaku 1,6 MPa. V případě vysokoteplotního vytápění s teplotou maximálně 130°C je nutné škrcení přívodu topného média termostaticky regulovatelným ventilem. Nebude-li splněn tento požadavek, může dojít k vypnutí clony pomocí ochranných termostatů motoru. Protimrazovou ochranou se rozumí zajištění topné vody proti zamrznutí použitím nemrznoucích kapalin, v krajním případě je třeba clonu demontovat a přenést do vytápěného prostoru.

2.5 VÝMĚNÍKY A OHŘÍVAČE

2.5.1 Výměníky

Mezi dva základní typy výměníků patří trubkové a deskové.

Trubkové výměníky

Trubkový výměník se skládá z pláště výměníku a trubkového svazku. Plášť tvoří válcová nádoba se dvěma klenutými dny s otvory pro vstup a výstup ohřívající i ohřívané látky.

Jedna teplotonosná látka protéká svazkem trubek v jednom směru, druhá teplotonosná látka protéká mezitrubkovým prostorem v opačném směru.

Trubkový svazek tvoří trubky, trubkovnice a soustava vestaveb, které usměrňují tok teplotonosné látky v mezitrubkovém prostoru. Uchycení trubek v trubkovnici může být svařováním, pájením, zaválcováním. Nejčastěji jsou zhotoveny z mědi, mosazi nebo nerez. Průměr trubek u starších typů výměníků je 16 – 22 mm, u novějších typů je menší, jelikož zmenšování průměru má příznivý vliv na přestup tepla.

Rozeznáváme několik druhů výměníků, například podle polohy vertikální nebo horizontální. Také podle spojení jako rozebíratelné a nerozebíratelné.

U rozebíratelných výměníků je možno čistit vnitřní stranu trubek. U nerozebíratelných výměníků to možné není, ale při správně chemicky upravené vodě a vyšší rychlosti proudění, která brání usazování nánosů to ani není nutné.

Výměníky s rovnými trubkami

Rovné trubky jsou zaválcovány do dvou trubkovnic přivařených k plášti výměníku. Vstup do trubek zakrývají dvě hlavy sloužící pro vstup a výstup jedné teplotonosné látky. Druhá teplotonosná látka vstupuje otvory v plášti do mezitrubkového prostoru. Jedná se tedy o výměník jednochodý, spojováním do sekcí lze vytvářet vícechodé výměníky.

Výměníky s vlásenkovými trubkami

Trubky ve tvaru písmene U jsou zaválcovány do jedné trubkovnice. Trubkovnice s dalšími vestavbami tvoří trubkový svazek, který se pak zasouvá do pláště výměníku. Hlava výměníku je připevněna k plášti výměníku a slouží ke vstupu a výstupu teplotonosné látky. V hlavě je zpravidla jedna oddělovací příčka zajišťující vstup teplotonosné látky do jednoho konce trubek (vlásenek) a po projití trubkami se proud vrací na druhou stranu příčky a odchází z výměníku. Druhá teplotonosná látka vstupuje do mezitrubkového prostoru otvory v plášti.

Výměníky se šroubovicově vinutými trubkami

Moderní výměníky s trubkami vinutými do šroubovice mají pro lepší přestup tepla menší průměr. Šroubovitý tvar trubky zvyšuje turbulenci proudění jak uvnitř trubky, tak i v mezitrubkovém prostoru, což v kombinaci s rýhovanými trubkami umocňuje výměnu tepla.

Tento typ výměníku je v nerozebíratelném provedení s trubkami navinutými ve třech vrstvách na jádru šroubovice. Vertikálně orientované výměníky snižují i prostorové nároky.

Deskové výměníky

Stejně tak jako trubkové výměníky jsou i deskové rozebíratelné a nerozebíratelné.

Rozebíratelné deskové výměníky

Jsou složeny ze sady desek seřazených za sebou a stažených pomocí šroubů mezi hlavní a přítlačnou desku. Každá deska s těsněním vytváří systém dvou oddělených kanálů pro průtok ohřívající a ohřívané teplotnosné látky.

Hlavní deska je opatřena otvory pro vstup a výstup ohřívané a ohřívající látky. Obě látky prochází svým systémem kanálků, které vytváří utěsněné mezideskové prostory. Tímto uspořádáním je zaručeno procházení obou médií v protiproudu a efektivnímu přenosu tepla.

Teplosměnné desky lisované z plechu o tloušťce asi 0,4 až 0,8 mm jsou nejčastěji z nerezové oceli. U deskových výměníků se dosahuje většího součinitele prostupu tepla než u výměníků trubkových. Rozebíratelné výměníky se snadno čistí. Jejich životnost závisí na životnosti těsnění, která se zkracuje s rostoucím tlakem a teplotou.

Nerozebíratelné deskové výměníky

Nerozebíratelné deskové výměníky jsou nejčastěji pájené, ale vyrábějí se i svařované nebo polosvařované. Těsnění je nahrazeno pájeným spojem, což umožňuje použití pro vysoké tlaky a snižuje požadavky na prostor. Jako pájka je použita měď, u výměníku na speciální účely nikl. Pájené výměníky nevyžadují v provozu údržbu. Nečistoty se odstraňují opakovaným zpětným proplachem s maximálním průtokem. Deskové výměníky mají oproti trubkovým výměníkům výhodu v lepším součiniteli prostupu tepla, z čehož plyne nižší hmotnost a menší nároky na zastavěnou plochu.

2.5.2 Ohříváče užitkové vody

Ohříváče jsou zařízení pro ohřev teplé užitkové vody. Podle energie, která vodu ohřívá, rozlišujeme:

- elektrické
- plynové
- na kapalná paliva
- na pevná paliva
- teplovodní, horkovodní, parní.

U prvních čtyř ohříváčů dochází ke změně vstupní energie na teplo. U teplovodních, horkovodních nebo parních ohříváčů ke změně energie na teplo nedochází. Vysoká teplota horkovodních a parovodních ohříváčů způsobuje tvorbu tvrdých nánosů na teplosměnné ploše na straně teplé užitkové vody a zhoršuje průstup a regulovatelnost teploty TUV, zejména u průtočných ohřevů.

Průtočný systém ohřívání vody

má před zásobníkovým ohřevem řadu předností. Investičně a prostorově je velmi nenáročný, dodávka TUV je prakticky nevyčerpatelná, ohřívá se jen voda potřebná v daný okamžik, nemusí se tak ohřívát do zásoby. Nevýhodou může být vyšší potřebný příkon ohříváče. Při odběru vody z více odběrných míst musí mít ohříváč takový instalovaný tepelný výkon, který postačí pro dostatečné ohřátí vody při všech odběrech současně. Používání těchto průtočných ohříváčů je tak omezeno velikostí instalovaného výkonu.

Zásobníkový ohřev vody

je použit tam, kde není dostatečný výkon na ohřívání vody průtočným způsobem. Proto se používá zásobník k uskladnění ohřáté vody.

2.6 ČERPADLA A VENTILÁTORY

2.6.1 Čerpadla

Čerpadla v topenářské sféře slouží v teplosměnných okruzích k transportu tepla prostřednictvím upravené vody. Jednotlivé tepelné oběhy mají různé nároky, které vyžadují různé druhy čerpadel. Pro velké průtoky s malými tlaky jsou vhodná čerpadla hydrodynamická (odstředivá). Nejpoužívanější topenářská čerpadla jsou čerpadla oběhová, která musí splňovat tyto požadavky:

- spolehlivost a dlouhou životnost při jednoduché minimální obsluze
- tichost chodu při umístění v obytných budovách
- úsporný provoz zejména u čerpadel s příkony většími než 1 kW.

Velikost čerpadla a jeho výkon je dán množstvím dopravované kapaliny za jednotku času – průtokem Q ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Kvalitativním parametrem vyjadřující velikost energie předané jednotce hmotnosti kapaliny je dopravní výška H (m), nebo tlaková difference Δp (Pa). Důležitý parametr z hlediska pohonu čerpadla jsou otáčky n (min^{-1}), čím jsou vyšší, tím se zmenšují rozměry a hmotnost čerpadla. Vztah mezi dopravní výškou a energetickými parametry proudu kapaliny na vstupu a výstupu čerpadla popisuje Bernoulliova rovnice rozdílu energií pro jednotku hmotnosti kapaliny.

Měrné otáčky hydrodynamických čerpadel

Prostřednictvím měrných otáček, jejichž základ vychází z hydrodynamické podobnosti, je možno porovnávat čerpadla různých velikostí podle základních parametrů jako průtok, otáčky a dopravní výška a přiřazovat požadovaným parametrům hydrodynamických čerpadel tvary oběžných kol s největší účinností.

Hydrodynamická čerpadla mají na rozdíl od objemových čerpadel při konstantních otáčkách proměnný průtok s rostoucím nebo klesajícím odporem potrubního systému. Klesá-li výška dopravované tekutiny, zvedá se průtok a naopak čím větší je dopravní výška, tím menší je průtok kapaliny. Hydrodynamická čerpadla se přizpůsobují samočinně proměnné charakteristice dopravního systému. Na velikosti průtoku má vliv i příkon, účinnost a hodnota kavitační deprese $NPSH_R$. Tyto hodnoty jsou v přímé souvislosti s tvarem oběžného kola.

Oběžná kola v běžně používaných čerpadlech jsou optimalizována pro málo viskosní kapaliny. Při zvyšující se viskozitě čerpaných kapalin je nutno přepočítat charakteristiky těchto čerpadel, neboť dopravní výška, průtok a účinnost klesá a roste naopak příkon čerpadla. Nejčastější oběžná kola u topenářských čerpadel jsou radiální s otáčkami do $n = 70 \text{ min}^{-1}$.

2.6.2 Ventilátory

Lopátkové rotační stroje zajišťují transport plynů, zejména vzduchu, ale mohou to být i spaliny a jiné. Vlastnosti ventilátorů vyjadřují podobně jako u čerpadel objemový průtok vzduchu V ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), celkový dopravní tlak Δp (Pa) a příkon ventilátoru P_p (W).

Podle konstrukčního řešení jsou ventilátory:

- radiální
- axiální
- diametrální

Podle celkového dopravního tlaku se ventilátory třídí na:

- nízkotlaké ($\Delta p < 1000 \text{ Pa}$)
- středotlaké ($\Delta p = 1000 \text{ ž } 3000 \text{ Pa}$)
- vysokotlaké ($\Delta p > 3000 \text{ Pa}$)

U vysokotlakých ventilátorů je potřeba respektovat stlačitelnost plynu, u nízkotlakých a středotlakých nikoliv. Sledovanými parametry jsou:

- objemový průtok vzduchu V se udává pro hustotu vzduchu $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a může nabývat hodnoty až $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ podle typu a velikosti ventilátoru.
- příkon ventilátoru P_p je určen podílem výkonu a účinnosti ventilátoru.
- výkon ventilátoru P je dán součinem objemového průtoku vzduchu a celkového dopravního tlaku.
- celková účinnost ventilátoru η_c je definována jako poměr mezi výkonem ventilátoru P a příkonem P_p ventilátoru na jeho hřídeli.

Charakteristické křivky určují funkční vlastnosti ventilátorů. Tyto křivky jsou konstruovány výrobcem na základě měření a jedná se o:

- tlakovou charakteristiku – závislost celkového dopravního tlaku Δp na objemovém průtoku V
- příkonovou charakteristiku – závislost příkonu ventilátoru P_p na objemovém průtoku V
- účinnostní charakteristiku – závislost celkové účinnosti ventilátoru η_c na objemovém průtoku V

Radiální ventilátory

Radiální ventilátory mohou být buď jednostranně sací, nebo oboustranně sací. Oběžné kolo těchto ventilátorů pak může mít lopatky zahnuté dopředu nebo dozadu.

Ventilátory s dozadu zahnutými lopatkami – se konstruují převážně jako středotlaké nebo vysokotlaké s celkovou účinností v rozmezí 75 – 80%. Průměr oběžného kola bývá od 250 do 1250 mm. Objemový průtok vzduchu dosahuje až $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Ventilátory s dopředu zahnutými lopatkami – jsou většinou konstrukčně jednodušší, nízkotlaké, s širokým oběžným kolem o vnějším průměru od 250 do 1250 mm. Účinnost dopředu zahnutých lopatek bývá v rozmezí 60 až 80%. Hojně se vyskytují v provedení s oboustranným sáním. Jsou nejpoužívanější pro klimatizační a větrací zařízení.

Axiální ventilátory

Axiální ventilátory mohou být jednak přetlakové nebo rovnotlaké podle toho, jestli statický tlak před oběžným kolem je stejný nebo větší.

Axiální rovnotlaké ventilátory - mají průměr oběžného kola do cca 3000 mm. Objemový průtok vzduchu může být až $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Využívají se pro velká průmyslová větrací zařízení, důlní větrání nebo jako kouřovody v energetice.

Axiální přetlakové ventilátory - mají průměr oběžného kola od 100 mm pro šroubové ventilátory až po 10 m pro ventilátory v chladicích věžích v energetice. Objemový průtok vzduchu může být od $0,03 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ u šroubových ventilátorů až po cca $500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ u chladicích věží. Tyto ventilátory lze rovněž užít pro větrací a klimatizační zařízení.

Regulace ventilátorů

Ventilátory je možno regulovat:

- změnou otáček
- škrcením
- natáčením lopatek v sání ventilátoru
- natáčením lopatek oběžného kola axiálního ventilátoru.

Regulace změnou otáček

Snížení výkonu ventilátoru vede ke snížení průtoku vzduchu a i celkového dopravního tlaku ventilátoru. Je možno provádět víceotáčkovými elektromotory nebo frekvenčními měniči asynchronních elektromotorů.

Regulace škrcením

Zvýšením konstanty potrubní sítě dochází ke snížení objemového průtoku vzduchu při konstantních otáčkách. V porovnání s regulací otáček je regulace škrcením ztrátová. Škrcení se provádí klapkami a šoupátky ovládanými ručně nebo i servopohony.

Regulace natáčením lopatek v sání ventilátorů

Před sací hrdlo jsou nainstalovány lopatky, které vytvoří rotující proud. Tento proud je buď shodný s otáčením oběžného kola – celkový dopravní tlak se zvětšuje nebo rotující proud je opačný s otáčením oběžného kola – celkový dopravní tlak se zmenšuje. U radialních ventilátorů se používá regulace pouze natáčením lopatek ve směru otáčení oběžného kola.

Regulace natáčením lopatek oběžného kola axiálního ventilátoru

Regulace natáčením lopatek oběžného kola umožňuje regulaci v širokém rozsahu objemových průtoků, je však poměrně nákladná a konstrukčně složitá.

3. LEGISLATIVNÍ RÁMEC

3.1 ZÁKLADNÍ TEZE

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla – kogenerace (Combined Heat and Power - CHP) zajišťující ostrovní provoz modelového obchodního centra se opírá o soustavu energetické legislativy České republiky a současně je podporována celou řadou směrnic a doporučení Evropské unie.

3.2 ENERGETICKÁ LEGISLATIVA EVROPSKÉ UNIE

V historickém kontextu stojí energetická politika na území západní Evropy v počátcích evropské integrace. Evropské společenství uhlí a oceli (ESUO), založené v r. 1952 Pařížskou smlouvou, vzniklo jako mezinárodní organizace za účelem vytvoření společného trhu s nejdůležitější energetickou surovinou využívanou v západní Evropě.

Do Smlouvy o Evropských společenstvích (ES), se kapitoly o nakládání s různými energetickými zdroji dostaly až po revizi Maastrichtskou smlouvou. Samostatný oddíl, věnovaný energetice, přináší až „Smlouva o Ústavě pro Evropu“, respektive „Smlouva o fungování Evropské unie“, která je součástí Lisabonské smlouvy.

Spolupráce členských států v oblasti energetiky je v ústavě definována na principu solidarity. Otázka volby mezi různými energetickými zdroji, struktura zásobování energií a podmínky pro využívání vlastních energetických zdrojů, zůstává v kompetenci členských států. Evropská legislativa v oblasti energetiky je zaměřena především na:

- Liberalizaci trhu s energiemi
- Obnovitelné zdroje energie a boj proti změně klimatu
- Energetickou účinnost spotřeby energie
- Zabezpečení dodávek energetických zdrojů a energetickou bezpečnost
- Energetickou infrastrukturu

3.2.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES ze dne 11. února 2004

o podpoře kombinované výroby elektřiny a tepla, založené na poptávce po užitném teple a na vnitřním trhu s energiemi, kterou se mění směrnice 92/42/EHS.

Evropský parlament a Rada evropské unie s ohledem na Smlouvu o založení Evropského společenství a zejména na článek 175, odst. 1 této smlouvy přijaly směrnici o podpoře kombinované výroby tepla, která je založena na efektivní poptávce po teple na vnitřním energetickém trhu. Hlavním účelem Směrnice je stanovení jednotných hledisek, která jsou platná pro všechny země EU a za pomoci kterých mohou jednotlivé státy podpořit kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie.

Definice pojmů

Kombinovanou výrobou elektřiny a tepla se pro účely této směrnice rozumí současná výroba tepelné energie a elektrické nebo mechanické energie v jednom procesu. Od této definice je dále odvozen pojem:

- kogenerační jednotka (je jednotka, která může pracovat v režimu kombinované výroby tepla a elektřiny);
- mikrokogenerační jednotka (je kogenerační jednotka s maximální kapacitou nižší než 50 kWe);
- kogenerační jednotkou malého výkonu (je kogenerační jednotka s instalovanou kapacitou nižší než 1 MWe);

Preferované technologie

Technologie kombinované výroby, na které se vztahuje uvedená směrnice (viz. příloha I):

- a) paroplynové zařízení s rekuperací tepla;
- b) parní protitlaková turbína;
- c) parní kondenzační odběrová turbína;
- d) plynová turbína s rekuperací tepla;
- e) spalovací pístový motor;
- f) mikroturbíny;
- g) Stirlingovy motory;
- h) palivové články;
- i) parní stroje;
- j) organický Rankinův cyklus;
- k) jakýkoli jiný typ technologie nebo její kombinace spadající pod definici uvedenou v čl. 3, písm. a).

Systémy podpory

Součástí směrnice je rovněž definován způsob podpory kombinované výroby tepla a elektřiny u stávajících i budoucích generátorů. Ten je založen na:

- poptávce po užitém teple,
- úsporách primární energie ve srovnání s jinými hospodářsky proveditelnými opatřeními nebo prospěšnými opatřeními z hlediska životního prostředí.

V případě, podpory kombinované výroby tepla a elektřiny, v souladu s výše uvedenými principy liberalizovaného trhu EU a na základě jednotných a transparentních pravidel, platných pro všechny subjekty EU, je podpora dle této Směrnice přiznána pouze technologiím, splňujícím podmínky vysoce účinné kogenerace. Hodnoty pro výpočet účinnosti kombinované výroby a úspor primární energie se určují na základě očekávaného nebo skutečného provozování dané jednotky za běžných provozních podmínek.

Vysoce účinná kombinovaná výroba tepla a elektřiny

Pro účel této směrnice musí vysoce účinná kombinovaná výroba splňovat následující kritéria:

- kombinovaná výroba kogeneračních jednotek musí zajišťovat úspory primární energie vypočtené podle vzorce (viz. příloha III, písmeno b) ve výši alespoň 10 % ve srovnání s referenčními údaji za oddělenou výrobu tepla a elektřiny,
- kombinovaná výroba kogeneračních jednotek malého výkonu a mikrokogeneračních jednotek, která zajišťuje úspory primární energie, je považována za vysoce účinnou kombinovanou výrobu vždy.

3.3 ENERGETICKÁ LEGISLATIVA ČESKÉ REPUBLIKY

3.3.1 Zákon č. 406/2000 Sb., ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií ve znění pozdějších změn

Zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie do legislativy české a dále mimo jiné stanoví:

- a) některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií,
- b) pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie,

Při kombinované výrobě elektřiny a tepla je výrobcům tepla uloženo, podrobit dokumentaci stavby energetickému auditu z hlediska zavedení výroby elektřiny a naopak, výrobcům elektřiny z tepelných procesů je uloženo podrobit dokumentaci stavby energetickému auditu z hlediska zavedení dodávky tepla. Tato povinnost je dále limitována technologií výroby i celkovým výkonem zdroje.

3.3.2 **Úplné znění zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon) ve znění zák. č. 314/2009 Sb., ze dne 11.09.2009 a ve znění pozdějších změn (zák. č. 155/2010 Sb., zák. č. 211/2011 Sb. a zák. 299/2011 Sb.)**

Zákon zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství, zároveň navazuje na přímo použitelné předpisy Evropských společenství a upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Podle § 32 tohoto zákona má výrobce elektřiny, provozující zařízení pro vysokoúčinnou kombinovanou výrobu elektřiny a tepla nebo zařízení na výrobu elektřiny z druhotných energetických zdrojů, pokud o to požádá a technické podmínky to umožňují, právo k přednostnímu zajištění dopravy elektřiny přenosovou soustavou a distribučními soustavami. Dále má právo na přednostní připojení svého výrobního zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě, pokud o to požádá a pokud splňuje podmínky připojení.

Za elektřinu z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla se podle tohoto zákona považuje elektřina:

- která je vyrobena ve společném procesu spojeném s dodávkou užitečného tepla;
- která je vyrobena v zařízení, na které ministerstvo vydalo osvědčení o původu elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla;
- při jejíž výrobě se dosahuje poměrné úspory vstupního paliva, potřebného na výrobu této elektřiny, vyhodnocované měsíčně ve výši nejméně 10 %; tento požadavek se vztahuje pouze na zdroj s instalovaným elektrickým výkonem vyšším než 1 MW;
- která splňuje požadavky měsíčně vyhodnocované minimální účinnosti užití energie.

Výrobce elektřiny, který uvede do provozu nové zařízení pro vysokoúčinnou kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, má nárok na příspěvek k ceně elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla po dobu alespoň 6 let ode dne uvedení tohoto zařízení do provozu. Za uvedení zařízení do provozu se považuje také modernizace nebo rekonstrukce technologické části stávajícího zařízení, zvyšující jeho technickou, provozní, bezpečnostní a ekologickou úroveň na úroveň srovnatelnou se zařízeními nově zřizovanými.

3.3.3 **Vyhláška 344/2009 Sb. ze dne 30. září 2009 o podrobnostech způsobu určení elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla, založené na poptávce po užitečném teple a určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů**

Uvedený právní předpis je prováděcí vyhláškou MPO ČR, která v souladu s ustanovením § 98a, odst. 1, písm. d) zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění zákona č. 158/2009 Sb., umožňuje provedení § 32 energetického zákona.

Předmětem prováděcí vyhlášky, v návaznosti na použitelný předpis Evropských společenství, je především:

- způsob určení elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla nebo mechanické energie,
- způsob určení elektřiny z druhotných energetických zdrojů,
- vyhodnocování a zúčtování elektřiny z kombinované výroby a druhotných energetických zdrojů.

4. TECHNICKÁ ČÁST

4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA MODELOVÉHO OBJEKTU

Objekt nákupního centra byl navržen v souladu se zadáním bakalářské práce, jako objekt modelový, umožňující stanovení energetické bilance pro jednotlivé druhy energií, odpovídající reálným podmínkám středně velkého obchodního centra.

4.1.1 Provozní řešení

V objektu je uvažováno s několika rozdílnými provozy. Stavební a prostorové řešení objektu umožňuje nezávislý provoz všech navrhovaných prodejních ploch – provozních jednotek.

Dominantní prodejní plochu tvoří samostatná velkoprostorová prodejní hala s velkou světlou výškou, umožňující paletové uskladnění zboží nad pohledovým horizontem návštěvníků. Tento provoz umožňuje zásobování zbožím přes uzavřený zásobovací dvůr a vlastní skladovací zázemí. Prodejní jednotka je vybavena zásobovací rampou, ze které je zboží transportováno přes manipulační plochu do prodejny, respektive do chlazených a nechlazených skladů. Na provoz chlazených skladů navazuje strojovna technologického chladu. Prodejní plocha má volnou dispozici, umožňující další členění dle požadavku příslušného provozovatele. Prodejní plocha je určena k pronájmu velkému prodejnímu řetězci.

Ostatní prodejní plochy, situované podél prodejní pasáže jsou koncipovány pro lokální prodejní síť, případně pro úzce specializované obchodní subjekty. Prodejní plochy umožňují maximální prostorovou variabilitu, operativně přizpůsobitelnou poptávce. Zásobování těchto prodejen zbožím nemá zvláštní požadavky na intenzitu ani na přepravní kapacity a tudíž bude realizováno paralelně s provozem návštěvníků. Maximum skladových zásob bude umístěno na prodejní ploše jednotlivých prodejních subjektů.

V administrativní části nákupního centra je v přízemí situováno sociální zázemí a to jak pro personál, tak pro návštěvníky. V patře je umístěno administrativní zázemí dominujícího prodejního řetězce, zástupce vlastníka a ostrahy objektu.

Mimo objekt nákupního centra bude umístěno vlastní energetické centrum. Pro zásobování energiemi bude využíváno zemního plynu. Elektrická energie pro provoz a tepelná energie pro vytápění bude dodávána prostřednictvím kogeneračních jednotek. Vytápění prodejních ploch v zimním období a klimatizaci prodejen v letním období zajistí klimatizační jednotky, jež jsou součástí energocentra.

V rámci areálu nákupního centra jsou navržena venkovní úrovňová parkovací stání, navazující na prodejní pasáž. Parkovací stání jsou vybavena veřejným osvětlením. Dispoziční a provozní řešení parkovacích stání, včetně napojení na veřejnou síť místních komunikací není pro řešení modelového objektu relevantní a proto není předmětem řešení modelového objektu.

4.1.2 Stavebně technické a technologické řešení

Stavební konstrukci tvoří několik stavebně technologických systémů, adekvátních jednotlivým provozním částem nákupního centra. Konstrukční řešení je navrženo tak, aby splňovalo požadavky všech legislativních norem platných na území ČR a technické řešení bylo v souladu ustanoveními platných ČSN.

Hlavní prodejní plochu tvoří přízemní nepodsklepená hala. Nosnou konstrukci tvoří železobetonové prefabrikované sloupy ukotvené do monolitických patek v síti 18 x 12 m. Hala je zastřešena ocelovými příhradovými nosníky o rozponu 18 m. Světlá konstrukční výška haly je 9 m. Střešní plášť tvoří zateplené trapézové plechy uložené v horní rovině střešních nosníků. Část střešní roviny tvoří světlíky zprostředkovávající denní osvětlení prodejní plochy. Obvodový plášť prodejní haly tvoří zateplené fasádní sendvičové panely.

Část prodejní plochy s pasáží tvoří přízemní nepodsklepená hala. Nosná konstrukce je navržena ze železobetonových prefabrikovaných sloupů, upevněných do monolitických patek a pásů v síti 9 x 12 m. Světlá konstrukční výška je 6,6 m. Západní část obvodového pláště, kterou představují výlohy přilehlých prodejen, tvoří hliníková fasádní konstrukce, zaklená trojitou, tepelně izolační skleněnou tabulí. Severní, jižní a východní obvodová konstrukce je vyzděna z velkoobjemových tepelně izolačních dílců a obložena cihelnými pásky. Střešní konstrukci tvoří železobetonové desky, uložené na železobetonových průvlacích. Střecha je plochá, spádovaná tepelnou izolací. Krytinu tvoří asfaltové pásy. Prodejní pasáž je ve své podélné části zakryta sedlovými světlíky, zasklenými vícevrstevnými průsvitnými polyakrylátovými deskami.

Administrativní část nákupního centra tvoří nepodsklepený dvoupodlažní objekt vyzděný z thermo-izolačních keramických bloků. Stropní konstrukci tvoří monolitická železobetonová deska, uložená na nosných zděných konstrukcích. Obvodové zdivo je z venkovní strany obloženo cihelnými pásky.

Výpis podlahových ploch

Prodejní plocha středisko A1-A4	13 236,0 m ²
Prodejní pasáž	1 675,0 m ²
Administrativa	1 080,0 m ²
Sklad	596,0 m ²
Chladírna	562,0 m ²
Strojovna	304,0 m ²
Manipulace	225,0 m ²
Podlahová plocha celkem	17 678,0 m ²

Výpis obestavěného prostoru

Prodejní plocha A1-A4	103 380,0 m ³
Prodejní pasáž	15 075,0 m ³
Administrativa	12 960,0 m ³
Sklad	5 364,0 m ³
Chladírna	5 058,0 m ³
Strojovna	2 736,0 m ³
Manipulace	2 025,0 m ³
Obestavěný prostor celkem	146 598,0 m ³

4.2 SPECIFIKA POUŽITÉ TECHNOLOGIE

4.2.1 Kogenerační jednotky

Vzhledem k max. příkonu objektu 1950 MW je navrženo 4 kusy KJ Quanto D770 SPE. S celkovým elektrickým výkonem $4 \times 774 \text{ kW}_e = 3096 \text{ kW}_e$. Tepelný výkon všech KJ dosahuje $4 \times 752 \text{ kW}_t = 3008 \text{ kW}_t$. Kogenerační jednotky svým výkonem pokryjí potřebu elektřiny a z velké části i potřebu tepla. Pro pokrytí špičkových tepelných výkonů v nechlazenějších měsících bude třeba kotel o výkonu cca 1000 kW_t. Kogenerační jednotky budou umístěny ve třech samostatných venkovních kontejnerech a budou vybaveny chladiči technologického okruhu. Součástí dodávky budou i nouzové chladiče pro případ, že by nebylo možné uplatnit produkované teplo v systému vytápění nebo v absorpčním výměníku.

Základní technické údaje

Základní technické údaje jsou platné pro standardní podmínky. Spotřeba plynu je uvedena při fakturačních podmínkách 15°C, 101 325 kPa.

• jmenovitý elektrický výkon P/E(I)	774/950*	kW/kVA
• maximální tepelný výkon	752	kW
• příkon v palivu	1882	kW
• účinnost elektrická P/E(I)	41,1	%
• účinnost tepelná	40,0	%
• účinnost celková (využití paliva) P/E(I)	81,1	%
• spotřeba plynu při 100% výkonu	199,4	m ³ /h
• spotřeba plynu při 75 % výkonu	153	m ³ /h
• spotřeba plynu při 50 % výkonu	107	m ³ /h

4.2.2 Palivo, přívod plynu

Vlastnosti plynu musí splňovat požadavky definované výrobcem motoru firmou Deutz (dle dokumentu č. 0199-99-3017) aby v případě poruchy byla nárokována reklamace uznána. Je nezbytné dodržet všechny další zásady a požadavky na jakosti paliva plynoucí z této technické instrukce.

Plynová trasa zajišťuje přívod plynu k jednotce. Tlak plynu se reguluje na tlak blízký atmosférickému pro optimální směšování se vzduchem a přípravu spalovací směsi. Trasa prostoru motorgenerátoru obsahuje filtr zamezující průniku pevných částic, bezpečnostní plynový ventil a dále sestavu dvou nezávislých rychlouzavíracích elektromagnetických ventilů s odvětráním mezikusu pro uzavření přívodu plynu při vypnutí jednotky, nulový regulátor pro regulaci tlaku plynu, regulátor bohatosti směsi a kovovou hadici pro připojení ke směšovači. Pro správný provoz jednotky je požadována plynová přípojka o patřičné dimenzi s přiměřeným akumulacním objemem, aby nedošlo k poklesu tlaku plynu v rozvodu v době skokového odběru plynu, zakončená ručním plynovým uzávěrem a opatřená tlakoměrem. Dále je nutné propojit vyvedení odvětrání mezikusu elektromagnetických ventilů s odvětrávacím potrubím.

Tab. 4 Technické parametry platné pro zemní plyn:

• výhřevnost (15 °C, p = 101 325 Pa)	34,0 MJ/m ³
• minimální metanové číslo paliva	80
• tlak plynu	5 – 10 kPa

4.2.3 Spalovací motor

K pohonu jednotky slouží plynový motor TCG 2016 V16, Deutz. Z provozního i ekonomického hlediska představuje nejdůležitější část. Jen vysoká kvalita výroby může zaručit jeho dlouhou životnost a snížit požadavky na servisní činnost.

Tab. 5 Charakteristika plynového motoru TCG 2016 V16, Deutz

• počet válců	16	
• uspořádání válců	do V	
• vrtání x zdvih	132 x 160	mm
• zdvihový objem	35	dm ³
• stupeň komprese	12 : 1	
• pracovní otáčky	1500	min ⁻¹
• spotřeba oleje normal	0,30	g/kWh
• max. výkon motoru	800	kW



Obr. 9 Plynový motor TCG 2016 V16, Deutz

4.2.4 Generátor

Zdrojem elektrické energie je dvouložiskový synchronní generátor Marelli M8B 400 LC 4 s automatickým fázováním k síti a automatickou regulací účinníku na zadanou hodnotu.

Tab. 6 Technické parametry generátoru

• výkon generátoru	1040 kW/1300 kVA
• $\cos \varphi$	0,8/1
• účinnost v pracovním bodě	96,8 %
• napětí	400 V
• frekvence	50 Hz
• jmenovité otáčky	1500 min ⁻¹

Tab. 7 Rozměry kogenerační jednotky

• délka celková (přepravní)	14 000 (12 195)	mm
• šířka celková (přepravní)	4600 (3000)	mm
• výška celková (přepravní)	10000 (3000)	mm
• přepravní hmotnost modulu KJ	24 200	kg
• přepravní hmotnost ostatních dílů	cca 4900	kg
• provozní hmotnost celé KJ	31 160	kg

Tab. 8 Barevné provedení

• motor, generátor	RAL 5010	(modrá)
• protihlukový kryt, vnitřní části jednotky	RAL 5013	(modrá)
• základový rám	RAL 9017	(černá)

4.2.5 Tepelný systém, tepelné výměníky

Teplo je odebíráno z kogenerační jednotky prostřednictvím tepelných výměníků:

- výměník primárního okruhu
- chladič oleje
- spalínový výměník
- chladič plnicí směsi

Tepelný systém je z hlediska odběru tepelného výkonu tvořen sekundárním okruhem. Sekundární okruh je určen k využití v topné soustavě uživatele, přebírá teplo z primárního okruhu. Teplo technologického okruhu je na nižší teplotní úrovni, proto se většinou maří v externí chladicí jednotce.

Sekundární okruh

Představuje okruh, kterým je zajištěno vyvedení hlavního tepelného výkonu, získaného chlazením spalin a mazacího oleje. Toto je realizováno spalínovým výměníkem a chladičem oleje. Spalínový výměník je umístěn hned za turbodmychadlo. Pro dodržení minimální tlakové ztráty se používají trubkové výměníky se spalinami v trubkách. Chladič oleje bývá nejčastěji v trubkovém nebo lamelovém provedení součástí motoru.

Okruh pracuje s teplotami vratné vody od 65 do 70°C. Dodržení nejvyšší teploty 70°C je nutné pro bezporuchový chod. Části sekundárního okruhu umístěné ve venkovním prostoru (propojovací potrubí) musí být zabezpečeny proti zamrznutí. Oběh sekundární vody obstarává oběhové čerpadlo.

Tab. 9 Parametry sekundárního okruhu:

• teplotnosné médium	voda + etylenglykol
• koncentrace etylenglykolu	0 ÷ 35 %
• tepelný výkon okruhu	752 kW
• teplota topné vody vstup / výstup	70/90 °C
• teplota vratné vody min / max	65/70 °C
• jmenovitý průtok okruhem	10 kg/s
• max. pracovní tlak	600 kPa
• nejméně přípustný tlak v okruhu	100 kPa
• hydraulický objem okruhu v kontejnerové skříni	120 dm ³
• tlaková rezerva čerpadla pro krytí ztrát mimo kontejner	40 kPa
• jmenovitý teplotní spád	20 K

Primární okruh – sekce nouzového chlazení

Není-li možné tepelný výkon spalovacího motoru využít, je odváděn přímo ze systému chlazení spalovacího motoru do venkovního prostředí chladicí jednotkou pro nouzové chlazení (výměník voda-vzduch). Ta je situována na střeše kontejnerové skříně a s chladicí soustavou spalovacího motoru je propojena potrubní soustavou.

Tab. 10 Parametry primárního okruhu:

• teplotnosné médium	voda + etylenglykol
• koncentrace etylenglykolu	35 %
• tepelný výkon okruhu	751 kW
• teplotní spád sekce nouzového chlazení	95/75 °C
• max. průtok sekcí nouzového chlazení	10 ¹⁾ kg/s
• max. pracovní tlak	300 kPa
• množství chladicí kapaliny v prim. okruhu	890 dm ³

¹⁾ průtok do sekce nouzového chlazení je řízen trojcestným ventilem vestavěným ve vnitřním prostoru kontejnerové skříně

Technologický okruh

Mezichladič obstarává chlazení plnicí směsí spalovacího motoru. Teplota kapaliny tohoto okruhu bezprostředně ovlivňuje vychlazení plnicí směsí spalovacího motoru a tím dosažení základních technických údajů kogenerační jednotky. Okruh pracuje s teplotou chladicí kapaliny (na vstupu do chladiče plnicí směsí) 50°C. Chladicí jednotka pro předávání tepelného výkonu okruhu do venkovního prostředí (výměník kapalina - vzduch) je instalována na střeše kontejnerové skříně.

Tab. 11 Parametry technologického okruhu:

• teplotnosné médium	voda + etylenglykol
• koncentrace etylenglykolu	35 %
• tepelný výkon	141 kW
• teplota vracející se kapaliny do mezichladiče	40 °C
• jmenovitý průtok okruhem	5,5 kg/s
• max. pracovní tlak	200 kPa
• celkový objem okruhu	110 dm ³

Spalovací a ventilační vzduch

Teplu uvolňované ve vnitřním prostoru od kogenerační jednotky (vysálané z horkých částí) musí být odváděno ventilačním vzduchem, aby nezpůsobovalo nebezpečný vzrůst teploty v prostoru kontejneru. Ventilační vzduch vstupuje do kontejneru a vystupuje z něj prostřednictvím tlumičů hluku. Proudění ventilačního vzduchu zajišťuje axiální ventilátor s prodlouženým doběhem umístěný uvnitř kontejneru. Větrání prostoru KJ musí být přetlakové a vzduch pro spalovací proces se nedoporučuje nasávat přímo z těsné blízkosti motoru, jelikož mikroskopické kapičky oleje a chladicí kapaliny (v případě netěsného systému) způsobí častější zanášení jemných filtrů.

Je důležité, krom ventilace kontejneru, zajistit i ventilaci strojovny kde je třeba dodržet všechny obecně platné předpisy a normy pro plynové spotřebiče.

- | | |
|--|--------------------------|
| • nevyužitelné teplo odvedené ventilačním vzduchem | 64 kW |
| • množství spalovacího vzduchu | 3250 Nm ³ /h |
| • množství ventilačního vzduchu | 12200 Nm ³ /h |
| • teplota nasávaného vzduchu min / max | -20/35 °C |
| • max. teplota vzduchu na výstupní přírubě | 50 °C |

Pro temperování vnitřního prostoru kontejnerové skříně jsou instalována elektrická topná tělesa. Ta umožní během odstávky kogenerační jednotky v období topné sezóny udržovat teplotu vnitřního prostoru kontejnerové skříně nad mezí startovatelnosti KJ. Topná tělesa jsou navržena pro teploty výše uvedené tabulky.

4.2.6 Odvod spalin

Spaliny vznikající v motoru se po ochlazení ve spalínovém výměníku odvádějí spalínovodem do komína. Jmenovitá teplota po ochlazení je asi 120°C, může se však měnit v rozsahu cca 100 – 150°C. Při provozu na nižší výkon nebo nižší teplotě vratné vody je teplota menší. Vyšší teplota spalin může signalizovat zanesení spalínového výměníku.

Vyvedení spalin z KJ je zakončeno výstupem do volného prostoru. Pro případ napojení výstupu spalin do komína (na následný spalínovod) je nutno respektovat max. dovolený protitlak, který je uvedený v tabulce:

- | | |
|---|-------------------------|
| • množství spalin | 3354 Nm ³ /h |
| • teplota spalin mezi soustrojím a spalínovým výměníkem | 470 °C |
| • teplota spalin na výstupu min./jm./max. | 100/120/150 °C |
| • max. protitlak spalin za přírubou | 10 mbar |

4.2.7 Hlukové parametry:

Spalovací motor je největším zdrojem hluku při provozu kogenerační jednotky. Hluk z motoru se do okolí šíří zejména prostupem přes stěny skříně a odcházejícími výfukovými plyny.

K zabránění hluku se použije kontejner se zvukoizolačním materiálem. Ventilací otvory kontejneru, musí být opatřeny akustickým tlumičem. K omezení hluku vycházejícího z výfukového potrubí motoru, je použito speciálního tlumiče výfuku laděného pro daný výkon motoru, počet válců a otáčky.

Hlukové parametry udávají úroveň akustického tlaku, měřenou ve volném zvukovém poli. Stanovení měřících míst a způsob vyhodnocení odpovídá ČSN 09 0862.

- | | | |
|----------------------|-----|-------|
| • 10 m od kontejneru | 76* | dB(A) |
|----------------------|-----|-------|

**hluk vztažen pro provoz motorgenerátoru a chladících jednotek*

4.2.8 Náplně – olejové hospodářství

Topná voda pro náplň sekundárního okruhu musí být upravená podle ČSN 07 7401. V žádném případě není možné použít vodu surovou. Parametry vody musí také splňovat požadavky dodavatele vodovodního potrubí.

Doporučuje se dostatečně dimenzovat úložné prostory pro nový a použitý olej a předejít možné záměně vhodnou organizací skladování. Složení oleje musí splňovat požadavky dodavatele motoru.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| • množství mazacího oleje v motoru | 135 dm ³ |
| • objem olejové nádrže pro doplňování | 130 dm ³ |
| • objem primárního okruhu | 890 dm ³ |

4.2.9 Rozsah dodávky

Základní

- úplný modul kontejnerové kogenerační jednotky, včetně chladicí jednotky technologického okruhu a chladicí jednotky pro nouzové chlazení spal. motoru

Mimo standardní rozsah

- automatický hasicí systém
- přídavný tlumič výfuku
- lapač kondenzátu

4.3 REGULAČNÍ STANICE PLYNU

Regulační stanice plynu RS k dodávce paliva pro kogenerační jednotky s předem definovanými parametry obsahuje fakturační měření objemu plynu na mezistupni a předeřev. Konstrukce, výroba a zkoušení je provedena podle EN norem. Technologie je umístěna v technologické sekci – kontejneru.

Sestava technologie regulační části:

- čištění plynu (1x provozní filtr, 1x servisní filtr)
- předeřev plynu: 1x elektrický předeříváč plynu s obtokem
- VTL/STL provozní a záložní regulační řada I. stupně (2x bezpečnostní rychlouzávěr,
- 1x pružinový regulátor tlaku plynu, 1x kontrolní pojistný ventil)
- fakturační měření s obtokem (rotační plynoměr s přepočítávačem objemu plynu)
- STL/STL provozní a záložní regulační řada II. stupně (1x bezpečnostní rychlouzávěr, 1x pružinový regulátor tlaku plynu, 1x kontrolní pojistný ventil)

Technické parametry RS:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| • Pracovní látka: | zemní plyn |
| • Vstupní tlak maximální: | 4,0 Mpa |
| • Vstupní tlak provozní: | 1,7 – 2,1 MPa |
| • Výstupní tlak I. stupně: | 400 kPa |
| • Výstupní tlak II. stupně: | 15 kPa |
| • Max. průtok: | 1 200 m ³ /h |
| • Min. vstupní teplota plynu: | +3°C |
| • Výstupní teplota plynu: | +5°C |
| • Pracovní teplota okolí: | -10 až +40°C |

5. ROZVOD ELEKTRICKÉ ENERGIE

Veškerá projektová zařízení musí být v souladu s českými normami a jinými zákonnými ustanoveními.

5.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Napěťová soustava

3+NPE~50Hz 400/230V TN-C-S

Ochrana před úrazem elektrickým proudem podle ČSN 33 2000-4-41

Ochrana před nebezpečným dotykem živých částí

- Základní ochrana – základní izolací a kryty
- Zvýšená ochrana – zesílenou izolací, doplňkovou izolací

Ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí do 1000 V

- Základní ochrana: - Samočinným odpojením od zdroje
- Zvýšená ochrana: - hlavním pospojováním, v úpravně masa doplňujícím pospojováním v zásuvkových obvodech proudovými chrániči

Ochrana proti zkratu a přetížení

Zajištěna vhodnou volbou nadproudových ochran a zařízení s dostatečnou zkratovou odolností.

Úbytek napětí

Kabelové rozvody jsou navrženy tak, aby úbytek napětí na svorkách spotřebičů nepřekročil hodnoty povolené ČSN.

Ochrana před přepětím

V rozváděči jsou osazeny svodiče přepětí tř. „C“ a „D“

Uzemnění a ochrana před bleskem

Všechny kontejnery se připojí na společnou zemnicí soustavu energocentra a OC. Ochrana všech objektů energocentra je přizpůsobena ochraně OC. Uzemnění je řešeno sítí základových zemniců s využitím armovacího železa. V OC a energocentru se provede hlavní pospojování a ekvipotenciální vyrovnání. Na objektech bude provedena vnější ochrana před bleskem podle ČSN EN 62305.

Regulace přehřevu plynu:

Přehřev plynu je realizován elektrickým přehříváčem plynu a je provozován na nastavenou konstantní teplotu plynu ve výstupním potrubí RS. Teplota plynu je snímána odporovým čidlem teploty Pt 100. K regulaci teploty jsou použity programovatelné PID regulátory teploty.

5.2 ZAJIŠTĚNÍ DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE

5.2.1 Silnoproudé rozvody

Trafostanice

Vzhledem ke kapacitním poměrům v síti ČEZ Distribuce, není realizováno připojení k distribuční soustavě, a proto se prozatím neuvažuje s instalací trafostanice. Kogenerační jednotky se vybaví pro pozdější paralelní provoz se sítí.

Napájení z interního zdroje

Spotřeba se rozdělí na čtyři výrobní jednotky pracující nezávisle na sobě. Poměr krytí požadovaného výkonu určuje nadřazená výpočetní jednotka MaR. Bližší parametry jednotek jsou uvedeny viz. kap. 4.2.4 Generátor.

Sít' zálohovaná zdrojem UPS

1. stupeň dodávky elektrické energie podle ČSN 34 1610. Bezvýpadkové napájení.

Instalace zdroje UPS zajišťuje napájení požárně bezpečnostních zařízení, řízení a zálohování systému měření a regulace MaR a nouzové osvětlení i v případě výpadku celého kogeneračního uskupení po dobu požadovanou požárně bezpečnostními předpisy a normou ČSN.

Napájení bude funkční i při vypnutí všech zařízení, která nezajišťují zabezpečení objektu při požáru.

Rozvody NN

Mezi jednotlivými kontejnery kogeneračních jednotek a ostatními objekty energobloku a OC se položí silové kabely. V prostoru hlavní rozvodny OC bude vytvořena tzv. nouzová rozvodna, do které se vyvede elektrický výkon každé z kogeneračních jednotek. Celá nouzová rozvodna je konstruována na postupné připínání zátěže pro možnost regulace zatěžování kogeneračních jednotek, tak aby nedošlo k výpadku KJ z důvodů přetížení.

Tento systém je bezpečný, odzkoušený a funkční. Řízení tohoto procesu bude plně automatické. Nouzová rozvodna je realizována s výhledem na následné paralelní připojení k síti s možností nouzového provozu.

Osvětlení

Údaje o denním osvětlení, zajištění umělého osvětlení

Požadavky na osvětlení vychází ze zrakové činnosti v daném prostoru a s přihlédnutím k dalším funkcím osvětlovaných objektů. Požadavky kladené na osvětlení pracovních prostorů jsou stanoveny normou ČSN EN 12464-1, která respektuje hygienické limity stanovené pro danou zrakovou činnost při práci.

V obchodních prostorech bude pokud možno co nejkvalitnější osvětlení, jenž zajistí následující:

- dosažení zrakové pohody pro zákazníky aby měli k dipozici pro výběr zboží co nejlepší podmínky, stejně tak zaměstnanci což vede k jejich vysoké pracovní produktivitě.
- bezpečnost

Denní osvětlení

V prostoru zázemí obsluhy energocentra a kanceláří je řešeno denní osvětlení okny.

Umělé osvětlení

Intenzita osvětlení v kancelářích: Je respektováno denní osvětlení. V případě potřeby bude osvětlení sdružené.

Technické požadavky na osvětlení:

Hlavní osvětlení je zářivkovými svítidly. Vybraná svítidla budou napojená na zálohovanou síť zajišťující nouzové osvětlení po dobu 1 hodiny – systém nouzového únikového osvětlení ve smyslu ČSN EN 1838, ČSN EN 50171, ČSN EN 50172, ČSN EN 60598-2-22 a ČSN 33 2000-5-56.

Udržovaná osvětlenost v ose únikové cesty musí být minimálně 1 L_x , v prostorech se zvýšenými riziky 10% intenzity hlavního osvětlení, minimálně však 15 L_x .

Prodejna potravin a dílčí prodejní prostory jsou osvětleny dle normy ČSN EN 1838 intenzitou $E=300 Lx$. Pokladny, kanceláře, úpravny, balicí stoly mají intenzitu osvětlení $E = 500 Lx$. Index podání barev nesmí poklesnout u žádného prostoru pod hodnotu $R_a = 80$, maximální dovolený index oslnění UGR_L nesmí přesáhnout hodnotu 22 u prodejních prostorů a 19 u prostorů u pokladen a kanceláří. Počítá se také s osvětlením přilehlého parkoviště vysokotlakými rtuťovými výbojkami z důvodu barevného odlišení od veřejného osvětlení.

Zásuvky pro úklid

Pro potřebu úklidu se na volně stojící sloupky do výše 1,5 m nainstalují dvojnásobné zásuvky určené pro úklid, na 100 m² jedna.

Všechny zásuvky umístěné níže než 1,5m nad konečnou podlahou musí mít dětskou ochranu.

Měření spotřeby elektrické energie

V hlavní rozvodně OC bude podružné měření elektrické energie.

Rozvaděče

Hlavní rozvaděč je umístěn ve strojovně ve skříňovém provedení a je propojen s dalšími dvěma hlavními rozvaděči umístěnými v administrativní části a části prodejní plochy A3.

Podle umístění napájených elektrických zařízení se umístí podružné rozvaděče. Tyto rozvaděče budou převážně oceloplechové skříně, volně stojící nebo nástěnné.

5.2.2 Slaboproudé rozvody

Přípojka telefonu

Objekt energocentra se napojí na telekomunikační síť OC. Kabel přípojky se uloží do země v pískovém loži s cihelným zákrytem a výstražnou folií PVC oranžové barvy. Při podchodu kabelového vedení pod komunikacemi a zpevněnými plochami se provede mechanická ochrana kabelu jeho uložením do ochranné trubky položené na podkladní betonové vrstvě.

V objektu OC bude kabel ukončen v místnosti kanceláře se serverem ve svorkovací skříně se zářezovými svorkovnicemi.

Vnitřní slaboproudé rozvody

V objektech energocentra se provede instalace následujících zařízení:

Strukturovaná kabeláž

Zajišťuje rozvody telefonní a počítačové sítě.

Elektronická zabezpečovací signalizace

Systém bude zajišťovat ochranu objektů proti krádeži a vloupání. Zařízení bude mít návaznost na bezpečnostní službu v objektu OC.

Elektronická požární signalizace

V prostorech energocentra a obchodního centra se nainstaluje systém EPS. Ústředna se nachází v sekci administrativa. Zařízení bude ovládat navazující požárně-technická zařízení v objektech. Systém se vybaví dálkovým přenosem.

Měření a regulace MaR

Systém měření a regulace (MaR) obecně slouží k centralizovanému ovládání zařízení, zajišťujících provoz budovy. Jedná se především o systémy chlazení, topení a vzduchotechniky[5].

MaR zajišťuje měření a regulaci všech technologických celků energocentra a jejich vzájemných vazeb. Veškeré snímané binární a analogové hodnoty spolu s provozními stavy budou monitorovány a zaznamenávány na dispečerském pracovišti umístěném v prostoru zázemí zaměstnanců energocentra. V případě zájmu bude možné realizovat nadstavbu pro zpřístupnění dat přes síť internet.

Základní okruhy řízení

- monitorování regulační stanice plynu
- signalizace případných poruch regulačních řad
- analogové snímání vstupních a výstupních přetlaků
- informace z plynoměru.

Kogenerační jednotky mají vlastní řídicí systémy motormanagementu a systému fázování a ochran. Nadřazený systém MaR bude přenášet vybrané parametry na dispečerské pracoviště, odkud bude možné provádět vzdálenou regulaci, startování a odstavení kogeneračních jednotek.

Strojovny chladu a tepla budou monitorovány a to včetně možnosti nastavování teplotních a časových programů pro jednotlivé okruhy.

5.3 OSTROVNÍ REŽIM KOGENERAČNÍCH JEDNOTEK

5.3.1 Ostrovní provoz

Kogenerační jednotky pracují zcela autonomně, bez připojení na veřejnou rozvodnou síť. Generátory dodávají elektrickou energii do vydělené (izolované) sítě. Odběr tvoří pouze obchodní centrum a vlastní spotřeba.

Nadřazená výpočetní jednotka MaR zabezpečí rozdělování činného a jalového výkonu mezi jednotlivé generátory. Výroba elektřiny má nejvyšší prioritu její produkce je nadřazena všem provozním režimům. Tzn., přebytečný tepelný výkon je mařen v sekci nouzového chlazení, popřípadě je otevřen obtok spalín. Při zvýšené potřebě tepla v zimním období je přednostně spotřebováváno teplo produkované kogeneračními jednotkami, až posléze bude povolen provoz plynové kotle. Důležité bude vyladit systém MaR, aby zprovoznil kotel jenom v případě, že se nouzově nechladí kogenerační jednotky. (toto se nevztahuje na chlazení technologického okruhu KJ).

5.3.2 Uvedení do provozu

Před připojením k tepelné síti se provede proplach jednotlivých vodních okruhů. Při napouštění okruhů je nutno zajistit účast odpovědného zástupce dodavatele kogenerační jednotky. Smluvně garantované parametry dodavatelem se prověří měřením. Zároveň proběhne seřízení motoru

na požadovanou úroveň emisí pro předpokládaný pracovní režim. Po té je možné zahájit zkušební provoz jednotky, pro detekování možných závad. Po odzkoušení všech pracovních režimů, které jsou v trvalém provozu předpokládány, se vypracují provozní předpisy s určením osob odpovědných za správný chod a dodržováním servisních lhůt.

5.3.3 Připojování generátoru

Po ručním spuštění jednotky probíhá automatický proces připojování generátoru k rozvodně, do které je vyveden jeho výkon. Generátor se připojí k rozvodně prostřednictvím stykače, až v momentě kdy dosáhne nominálních otáček a nominálního napětí na svorkách. V okamžiku připojení generátoru k rozvodně musí být zajištěno pouze základní zatížení, které nesmí přesáhnout 20% nominálního výkonu generátoru. Připojování dalších spotřebičů je řešeno automatickou postupného časově odstupňovaného spínání v několika dalších časových intervalech tak aby nedošlo k překročení nominálního výkonu generátoru. Generátor pak dodává do zátěže výkon stejně velký, jak velká je zátěž. V tomto režimu pak regulátor otáček udržuje jmenovitou frekvenci a jmenovité napětí udržuje automatický regulátor napětí (je součástí generátoru).

5.3.4 Odpojování generátoru

Při vypínání jednotky z důvodu odstávky bude probíhat postup v opačném sledu, než bylo zapínání. V několika krocích se postupně odpojí spotřebiče až na 20 - 30% nominálního výkonu generátoru. Soustrojí se nechá běžet asi 3 – 5 minut. Poté je dovoleno stisknout tlačítko STOP. Tímto dojde k odpojení generátoru od rozvodny (odpadne stykač generátoru). Následuje krátký čas, kdy soustrojí běží na jmenovitých otáčkách a teprve potom motor definitivně ukončí svoji činnost. Dochlazení jednotky zajišťuje axiální ventilátor s prodlouženým doběhem, napájený v případě kontinuální odstávky z pracujících jednotek, v případě odstávky celého energocentra ze zdroje UPS. Přerozdělování napájení těchto ventilátorů přednostně z KJ obstarává nadřazená výpočetní jednotka MaR.

6. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT MODELOVÉHO OBJEKTU, POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TUV

(dle ČSN EN 12831 a ČSN 730540)

Klimatické údaje byly převzaty z tabulky 15-1 druhého svazku topenářské příručky s ohledem na lokaci modelového objektu, která by se měla nacházet v blízkém okolí Ostravy.

Vstupní údaje

Návrhová (výpočtová) vnitřní teplota t_{in} :	20,0°C
Výpočtová venkovní teplota t_{en} :	-15,0°C
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu $t_{e,m}$:	8,2°C
Činitel ročního kolísání venkovní teploty f_{g1} :	1,45
Počet dnů otopného období	229

Rekapitulace dalších parametrů objektu

Půdorysná plocha podlahy objektu A:	17 678,0 m ²
Exponovaný obvod objektu P:	651,0 m
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy V:	146 598,0 m ³

Typ objektu:	nebytový
Počet podlaží:	1

Typ větrání:	nucené	
Množství odváděného vzduchu V_{ex} :	262 830 m ³ /h	73 m ³ /s
Množství přiváděného vzduchu V_{su} :	262 830 m ³ /h	73 m ³ /s
Intensita výměny vzduchu n:	2,0 h ⁻¹	
Teplota větraného vzduchu:	13,0 °C	
Činitelé e + ε:	0,00 + 1,00	

Vytápění:	přerušované
Pokles vnitřní teploty t_{in} :	4,0°C
Typ vytápění:	teplovzdušné, přívod nahoře
Rychlost proudění:	0,1 m/s

Měrná tepelná ztráta prostupem tepla H_T [W/K]:

Ochlazovaná konstrukce:	Plocha [m ²]	U [W/(m ² .K)]	Korekce	ΔU [W/(m ² .K)]	U_{eq} [W/(m ² .K)]	H_T [W/K]
Obvodová konstrukce	5 668,2	0,30	$e = 1,00$	0,05	----	1983,87
Vstupní otvory (vra- ta+dveře)	92,6	1,65	$e = 1,15$	0,10	----	186,36
Střecha	14 350,0	0,24	$e = 1,00$	0,05	----	4 161,50
Světlíky	3 328,0	1,92	$e = 1,15$	0,05	----	7 539,58
Podlahová plocha	17 678,0	0,45	$G_w = 1,00$	----	0,08	922,79
celkem Σ						14 794,1

Uvažujeme zde měrnou tepelnou ztrátu z vytápěného prostoru do venkovního prostředí a měrnou tepelnou ztrátu z vytápěného prostoru do přilehlé zeminy bez uvažování vlivu spodní vody $G_w = 1,00$. Měrnou tepelnou ztrátu z vytápěného prostoru do venkovního prostředí přes nevytápěný prostor a měrnou tepelnou ztrátu z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně odlišnou teplotu uvnitř budovy zde můžeme pominout. Lineární tepelné mosty a součinitelé lineárního prostupu tepla jsou respektovány zavedením korekčního činitele ΔU . Také je zohledněn ekvivalentní součinitel prostupu tepla U_{eq} , který má návaznost na typologii podlahy. Tepelná ztráta větráním a přírážka na přerušovaný zátop je stanovena z tabulových hodnot, kde jako vstupní parametry jsou použity hodnoty obestavěného prostoru a intenzita výměny vzduchu respektive pokles teploty vytápěných místností.

Celková návrhová tepelná ztráta objektu prostupem Φ_T [W]:

	H_T [W/K]	$(t_{in} - t_{en})$ [°C]	% z Φ_{HL}	Φ_T [W]
Obvodová konstrukce	1983,87	35	4,6 %	69 435,45
Vstupní otvory (vrata + dveře)	186,36	35	0,4 %	6 522,6
Střecha	4 161,50	35	9,7 %	145 652,5
Světlíky	7 539,58	35	17,6 %	263 885,3
Podlahová plocha	922,79	35	2,2 %	32 297,65
celkem Σ	14 794,10		34,5%	517 793,5

Celková návrhová tepelná ztráta (tep. výkon) objektu Φ_{HL} [W]:

Součet tepelných ztrát prostupem Φ_T :	34,5%	517 793,5
Součet tepelných ztrát větráním Φ_V :	38,9%	583 246,0
Korekce ztrát (zisky, přerušované vytápění) Φ_{RH} :	26,6%	399 916,0
celkem Σ	100,0 %	1 500 956,0

6.1 POTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ

6.1.1 Rekapitulace vstupních údajů:

Výpočtová vnitřní teplota t_{in} :	20,0°C
Výpočtová vnější teplota t_{en} :	-15,0°C
Počet dnů otopného období:	229

Teplotní konstanty (°C):

t_{en}	t_a	t_b	t_c
-12,0	3,0	26,0	9,0
-15,0	4,5	26,5	10,5
-18,0	6,0	27,0	12,0

Poměrná doba vytápěcího období v (-):

$$v = \left(\frac{d}{365} \right) = \frac{229}{365} = 0,627$$

Průměrná teplota celého vytápěcího období t_{ep} (°C):

$$t_{ep} = 0,5 \cdot t_b \cdot v - t_a - \frac{t_c}{32 \cdot v} = 0,5 \cdot 26,5 \cdot 0,627 - 4,5 - \frac{10,5}{32 \cdot 0,627} = 3,28^\circ\text{C}$$

Počet denostupňů vytápěcího období D (den.K):

$$D = (t_{in} - t_{ep}) \cdot d = (20 - 3,28) \cdot 229 = 3829 \text{ den} \cdot K$$

Roční potřeba tepelné energie na vytápění E_{vr} (kWh/rok):

$$E_{vr} = 24 \cdot d \cdot a \cdot Q_n \cdot \frac{(t_{in} - t_{ep})}{(t_{in} - t_{en})}$$

$$E_{vr} = 24 \cdot 229 \cdot 0,9 \cdot 1501 \cdot \frac{(20 - 3,28)}{(20 - (-15))} = 3546812 \text{ kWh / rok} = 12769 \text{ GJ / rok}$$

kde: a - součinitel zohledňující využití tepelných zisků vlivem regulace $a = 0,9$ (-)
 Q_n - jmenovitý tepelný výkon potřebný pro vytápění $Q_n = 1501$ (kW)

Instalovaný tepelný výkon pro vytápění při maximální vnější teplotě Q (kWt):

$$Q = Q_n \cdot \frac{(t_{in} - t_e)}{(t_{in} - t_{en})} = 1501 \cdot \frac{(20 - (-30))}{(20 - (-15))} = 2144,28 \text{ kW}_t$$

kde t_e - možný teplotní extrém v zimním období $t_e = -30$ (°C)

6.2 SPOTŘEBA CHLADU

6.2.1 Chlad k eliminaci tepelných zisků z provozu uvnitř budovy a oslunění

Pro návrh chladicího výkonu budov je možno použít vhodný výpočetní SW, nebo použít základních ukazatelů, které vycházejí z dosavadních zkušeností a jsou stanoveny z plochy nebo objemu klimatizovaného prostoru.

Instalovaný chladicí výkon:

na 1 m³/h přiváděného vzduchu 4,9 W.m⁻³.h

Intensita výměny vzduchu n : 2,0 h⁻¹

Množství přiváděného vzduchu V_{su} : 262 830 m³/h 73 m³/s

Instalovaný chladicí výkon Q_{ch} (kW_{ch}):

$$Q_{ch} = V_o \cdot 4,9 = 262830 \cdot 4,9 = 1288 \text{ kW}_{ch}$$

S tímto výkonem při dimenzování zařízení pro zajištění energetických potřeb není počítáno, jelikož je hrazen z tepelného výkonu pro pokrytí tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním. Chlazení a temperování budovy nemůže probíhat ve stejném časovém intervalu.

Pro stanovení spotřeby chladu na eliminaci tepelných zisků z provozu uvnitř budovy a tepelných zisků z oslunění vyjdeme z průběhu křivek doby trvání topného a chladicího výkonu, který konstatuje:

- Diagram doby trvání chlazení má výrazně špičkovější charakter, než diagram doby trvání vytápění
- Roční spotřeba chladu v našich podmínkách je asi čtvrtinová oproti roční potřebě tepla pro vytápění a přípravu TUV (v kalorickém vyjádření)
- Délka trvání chladicího období a doba využití maximálního chladicího výkonu jsou zhruba třetinové oproti stejným parametrům topného systému.

Roční potřeba chladu na klimatizování budovy E_{chr} (kWh/rok):

$$E_{chr} = \frac{(E_{vr} + E_r)}{4} = \frac{(3546812 + 104755)}{4} = 912917 kWh / rok = 3287 GJ$$

6.2.2 Technologický chlad

Technologický chlad je určen zejména pro skladování komodit vyžadující pro svoji existenci teplotu nižší než vnitřní výpočtová teplota OC.

Výkon chladicího zařízení je převzat z obchodního domu, který je obdobný plochou i velikostí modelovému objektu OC. Tento chladicí výkon je asi $Q_{Tch} = 650 \text{ kW}_{ch}$. Uvažujeme-li, že jednostupňové absorpční chladicí jednotky mají účinnost v rozmezí 60 až 80 % je potřeba na výrobu chladu tepelný výkon asi 950 kW_{ch} .

Potřeba tepelné energie na výrobu tech. chladu za den E_{Tchd} (kWh/den):

$$E_{Tchd} = \frac{Q_{Tch}}{\eta} \cdot t = \frac{650}{0,7} \cdot 24 = 22286 kWh / den = 80,22 GJ$$

kde η účinnost s kterou se přemění tepelné energie na chladicí energii $\eta = 0,7$ (-)
 t čas, po který je chladicí energie vyráběna $t = 24$ (h)

Potřeba tepelné energie na výrobu tech. chladu za rok E_{Tchr} (kWh/rok):

$$E_{Tchr} = E_{Tchd} \cdot 365 = 22286 \cdot 365 = 8134390 kWh / rok = 29283 GJ / rok$$

6.3 OHŘEV TUV

Teplá užitková voda (TUV) - zdravotně nezávadná ohřátá pitná voda splňující kritéria normy ČSN 83 0616. Je určená k mytí a koupání osob, umývání nádobí a zařízení, praní prádla, úklid prostorů apod. Není určena k pití nebo k vaření

Zařízení pro ohřívání užitkové vody – soubor prvků, který společnou současnou činností zajistí ohřátí určitého objemu užitkové vody na určitou teplotu.

Cílem ČSN 06 0320 je stanovit podmínky a doporučení pro dosažení požadovaného množství užitkové vody o požadované teplotě ve stanoveném čase.

Požadavky na zařízení pro ohřev vody – jejich smyslem je zaručit technicky optimální a hospodárný provoz s možnou opravou tohoto zařízení a kontrolou zabezpečovací výstroje zařízení.

Použité prvky v systému ohřevu TUV musí vyhovovat odpovídajícím normám zejména ČSN 06 0310 a ČSN 06 0830. Jedná se o předepsané armatury, pojistné a zpětné ventily a další uzavírací a měřicí armatury umožňující kontrolu a údržbu zařízení a dále regulaci a měření pro požadovanou teplotu užitkové vody a zamezení jejího přehřátí.

Všechny potrubní cesty odvádějící nebo přivádějící do ohříváče ohřívací nebo ohřívanou látku včetně cest cirkulačních, musí být na vstupu do ohříváče opatřeny uzavírací armaturou pro možnost odstavení a následného opravení ohříváče bez nutnosti vypouštění vody v rozvodech.

Pro dlouhou životnost soustav TUV je nutná úprava vstupní vody k potlačení nežádoucího vlivu této vody na potrubní systémy a rozvody. Musí však splňovat veškeré požadavky hygienických orgánů na její zdravotní nezávadnost. Koncepce úpravy je třístupňová a spočívá v odstranění agresivního CO_2 , dávkování inhibitoru koroze kyslíkem a zabezpečení proti primárním a sekundárním úsadám.

Odkyselovací filtr

zajišťuje uvedení vody do blízkosti uhlíčitanové rovnováhy a tím omezení plošné koroze CO_2 ve vodném prostředí. Pracovní náplň filtrů je polyvypálený dolomit (PVD), jenž snižuje kyselost protékající vody.

Dávkovač polyfosfátu

používá se k inhibici koroze s kyslíkovou depolarizací.

Přístroj pro magnetickou úpravu vody

zabraňuje vytváření karbonátových inkrustů a zčásti i inkrustů oxidů železa. Malé zařízení s vestavným systémem permanentních magnetů je montováno přímo do potrubní trasy.

Zdrojem teplé užitkové vody je deskový výměník. Jedná se o zařízení se sadou desek s prolisy, které složením do sestavy vytvářejí mezi deskami kanály, jimiž proudí na jedné straně ohřívací a na druhé straně ohřívaná látka.

6.3.1 Bilance potřeby TUV

I. směna (počet pracovníků)	66
II. směna (počet pracovníků)	56

Počet pracovníků celkem	122
--------------------------------	------------

potřeba vody na 1 zaměstnance:	60 l/den	0,06 m ³ /den
potřeba ohřáté vody na 1 zaměstnance:	30 l/den	0,03 m ³ /den
teplota ohřáté vody t_2 :	55°C	
teplota studené vody t_1 :	10°C	
počet pracovních dní soustavy v roce N:	365	

Denní potřeba vody V_d :

$$V_d = 122 \cdot 0,06 = 7,32 \text{ m}^3 / \text{den} = 0,08 \text{ l} / \text{s}$$

Roční potřeba vody V_r :

$$V_r = V_d \cdot N = 7,32 \cdot 365 = 2671,8 \text{ m}^3 / \text{rok}$$

Denní potřeba teplé vody V_{dt} :

$$V_{dt} = \frac{V_d}{2} = \frac{7,32}{2} = 3,66 \text{ m}^3 / \text{den} = 0,04 \text{ l} / \text{s}$$

Roční potřeba teplé vody V_{rt} :

$$V_{rt} = V_{dt} \cdot N = 3,66 \cdot 365 = 1336 m^3 / rok$$

Denní potřeba tepelné energie pro ohřev vody E_d (kWh/den):

$$E_d = (1 + z) \cdot c \cdot V_{dt} \cdot (t_2 - t_1) = (1 + 0,5) \cdot 1,163 \cdot 3,66 \cdot (55 - 10) = 287 kWh / den = 1,034 GJ / den$$

kde: z je součinitel zohledňující ztráty tepla při ohřevu vody a při distribuci teplé vody v objektu včetně cirkulace $z = 0,5$ (-)

c je měrná tepelná kapacita vody $c = 1,163$ (kWh/(m³.K1))

Roční potřeba tepelné energie pro ohřev vody E_r (kWh/rok):

$$E_r = E_d \cdot N = 287 \cdot 365 = 104755 kWh / rok = 377 GJ$$

6.4 VÝPOČTOVÁ ROČNÍ SPOTŘEBA TEPELNÉ ENERGIE

Roční spotřeba tepelné energie je daná součtem všech energií potřebných pro optimální provozní podmínky v objektu a tepelné energie potřebné k výrobě technologického chladu.

$$E_{cr} = E_r + E_{vr} + E_{Tchr} + E_{chr} = 377 + 12769 + 29283 + 3287 = 45716 GJ / rok$$

6.4.1 Výpočtová měsíční spotřeba tepelné energie

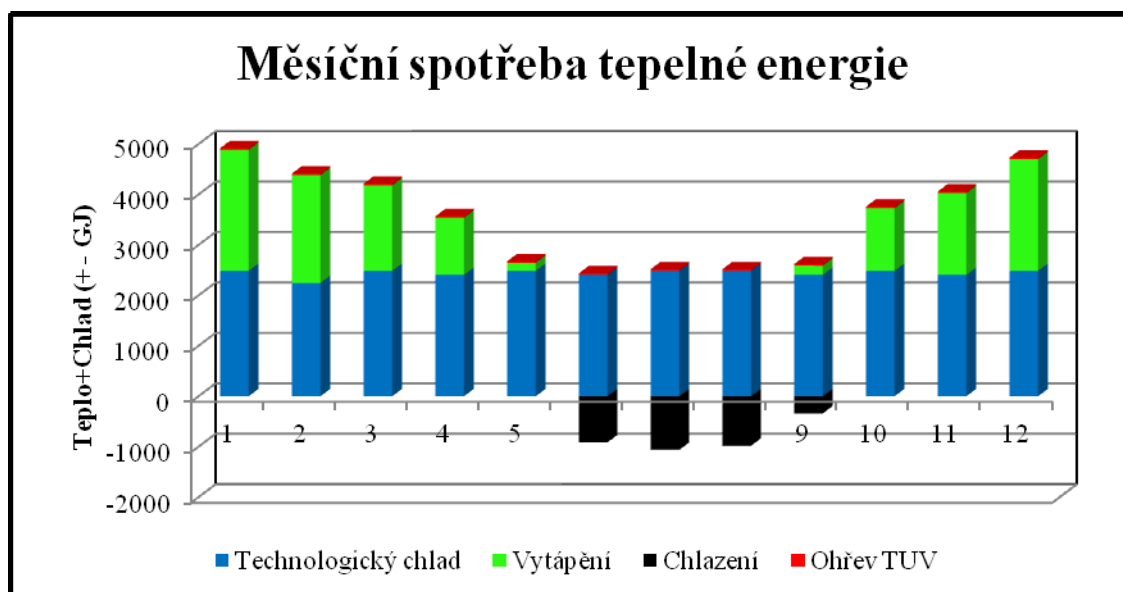
Vychází z potřebné roční tepelné energie s přihlédnutím k průměrným měsíčním vnějším výpočtovým teplotám.

$$E_{cm} = E_m + E_{vm} + E_{Tchm} + E_{chm}$$

Tab. 12 Přehled měsíční spotřeby tepelné energie

Ostrava (212 m n. m.) – padesátiletý průměr vnějších teplot												
Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
t_{ep} (°C)	-3,2	-2,9	-3,6	8,7	14,1	---	---	---	13,9	8,0	3,8	-1,4
E_m [GJ]	32,03	28,93	32,03	31	32,03	31	32,03	32,03	31	32,03	31,00	32,03
E_{vm} [GJ]	2398	2138	1695	1130	157	0,0	0,0	0,0	183	1240	1620	2212
E_{Tchm} [GJ]	2486,82	2246,16	2486,82	2406,6	2486,82	2406,6	2486,82	2486,82	2406,6	2486,82	2406,6	2486,82
E_{chm} [GJ]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	911	1060	979	337	0,0	0,0	0,0
E_{cm} [GJ]	4916,85	4413,09	4213,85	3567,6	2675,85	3348,6	3578,85	3497,85	2957,6	3758,85	4057,6	4730,85

Grafické znázornění měsíční spotřeby tepla



7. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

7.1 REKAPITULACE ÚDAJŮ

Orientační spotřeba elektřiny za rok činí asi	$E_e = 72,5 \text{ TWs}$
Výpočtová roční spotřeba tepelné energie	$E_{cr} = 46 \text{ TJ}$
Výhřevnost zemního plynu	$H = 34,2 \text{ MJ/m}^3$
Účinnost kogenerace	$\eta_{kog} = 0,81$
Účinnost elektrická	$\eta_e = 0,411$
Účinnost tepelná	$\eta_t = 0,4$
Cena zemního plynu (dle individuální nabídky s Severomoravskou plynárenskou)	10 Kč/m ³

Abychom zajistili celoroční dodávku elektrické energie, musíme vzhledem k účinnosti výroby přivést toto množství energie v plynu (teplo obsažené v palivu) Q_{pal} (TJ):

$$Q_{pal} = \frac{E_e}{\eta_e} = \frac{72,5}{0,411} = 176 \text{ TJ} = 49 \text{ GWh}$$

Potom nebude problém určit při známé výhřevnosti spotřebu plynu, které bude potřeba za rok m_{zp} (m³):

$$m_{zp} = \frac{Q_{pal}}{H} = \frac{176 \cdot 10^{12}}{34,2 \cdot 10^6} = 5146198 \text{ m}^3$$

Ze známé účinnosti kogeneračního cyklu určíme produkci roční tepelné energie E_t (TJ):

$$\eta_{kog} = \frac{E_e + E_t}{Q_{pal}}$$

$$E_t = \eta_{kog} \cdot Q_{pal} - E_e = 0,811 \cdot 176 - 72,5 = 70,2 \text{ TJ}$$

7.2 PŘEDBĚŽNÝ PROPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

7.2.1 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky jsou strojní zařízení s občasnou obsluhou. Na kogeneračních jednotkách se provádí pravidelná údržba jednou za den a dále pravidelné servisní úkony cca každých tisíc motohodin. Mimo tyto plánované úkony je nutné počítat s neplánovanými výpadky v malém rozsahu. Vzhledem k tomu, že se jedná o ostrovní provoz, je možné vyloučit výpadky vlivem síť.

Pravidelná obsluha

Denní obsluha zahrnuje vizuální kontrolu stavu kogenerační jednotky, případné doplnění provozních kapalin (olej do zásobní nádrže apod.). Dále provádění drobných prací běžné údržby (úklid, kontrola těsnosti mazací soustavy, chladicí soustavy všech okruhů, kontrola těsnosti spalínové trasy, kontrola zanesení vzduchových filtrů.) Obsluha dále provádí evidenci provozních dat se zřetelem na kontrolu tlaků, teplot a hladin médií. Jednou týdně kontroluje čistotu chladiců, čtvrtletně kontroluje hladiny elektrolitů v bateriích.

Cena pravidelné údržby

Denní kontroly a odstraňování závad je možné řešit dispečersky. Práci je možné zajistit jedním člověkem s kvalifikací plyn a elektro s časovou náročností cca 1 hod /den a 4 KJ.

Pravidelné servisní úkony provádí smluvní servisní organizace a zahrnuje údržbu stroje, náhradní díly a náklady na dopravu a vlastní práci servisních techniků. Vzhledem k faktu, že se jedná o ostrovní provoz a KJ budou v provozu s proměnlivým výkonem, je nutné uvažovat se servisními náklady

4 x 7500 Mhod/rok.

Provozní náklady

Provozní náklady jsou vzhledem k povaze provozu tvořeny náklady na palivo, náklady na servis, náklady na obsluhu a náklady na likvidaci odpadů. Cena zemního plynu byla po domluvě se zástupcem Severomoravské plynárenské pro velkoodběratele stanovena na 10 Kč/m³.

Roční náklady na palivo:

Spotřeba plynu za rok * jedn. cena plynu = 5 146 198 (m³) * 10,0 (Kč/m³) = 51 461 980,- Kč

Roční náklady na servis:

Počet KJ * výkon KJ * jedn. cena/kW * počet provozních hodin/rok =
= 4 (KJ) * 800 (kW/hod) * 0,40 (Kč/kW_{el}) * 7500 (hodin) = 9 600 000,- Kč

Roční náklady na obsluhu:

1,5 (hod/den/4KJ) * 365 (dnů/rok) = 548 hodin/rok * 360 Kč/hod. = 200 000,- Kč

7.2.2 AbsorbcePravidelná obsluha

Denní obsluha zahrnuje vizuální kontrolu stavu absorbční jednotky a jejího příslušenství. Především kontrolu doplňování vody do chladicí věže, kontrolu solanky ve změkčovacím zařízení, případné doplnění soli. Dále pak provozní sledování teplot a tlaků jednotlivých okruhů. Kontrolu chodu čerpadel a regulačních prvků.

Cena pravidelné údržby

Denní kontroly a odstraňování závad je možné řešit dispečersky. Práci je možné zajistit jedním člověkem s kvalifikací elektro s časovou náročností cca 1 hod /den.

Pravidelné servisní úkony provádí smluvní servisní organizace a zahrnují údržbu stroje a je doporučena min. 2 x ročně.

Provozní náklady

Provozní náklady jsou vzhledem k povaze provozu tvořeny náklady na servis a náklady na obsluhu. Náklady na palivo jsou vyčísleny u kogeneračních jednotek, cena vody stanovena na 75 Kč/m³.

Roční náklady na vodu:

Při cca 8 760 m³/rok a spotř. cca 3,5 m³/hod = 30 660 m³/rok * 75 Kč/m³ = 2 300 000,- Kč

Roční náklady na servis:

2 * servisní prohlídka s garantovaným nástupem do 24 hod = 180 000,- Kč

Roční náklady na obsluhu:

$$1,0 \text{ (hod/den)} * 365 \text{ (dnů/rok)} = 365 \text{ hodin/rok} * 360 \text{ Kč/hod.} = \underline{130\,000,- \text{ Kč}}$$

7.2.3 KotelnaPravidelná obsluha:

Denní obsluha kotelny zahrnuje vizuální kontrolu stavu zařízení. Především kontrolu expansního systému, kontrolu stavu ovzduší, kontrolu těsnosti systému, kontrolu kondenzátu a jeho případné vypuštění, odkalení kotle a další úkony dle návodu k obsluze. Dále pak provozní sledování teplot a tlaků jednotlivých okruhů. Kontrolu chodu čerpadel a regulačních prvků. Následně pak jednou měsíčně kontrolu funkce pojistných ventilů. Zkoušku hořákové baterie apod.

Cena pravidelné údržby:

Denní kontroly a odstraňování závad je možné řešit dispečersky. Práci je možné zajistit jednou osobou s kvalifikací elektro a plyn s časovou náročností cca 1 hod/den.

Pravidelné servisní úkony provádí smluvní servisní organizace a zahrnují především seřízení hořáku a zkoušku automatik.

Provozní náklady

Provozní náklady jsou vzhledem k povaze provozu tvořeny náklady na palivo, servis a náklady na obsluhu.

Roční náklady na palivo:

$$\text{Roční spotřeba zemního plynu } 55\,000 \text{ (m}^3\text{/rok)} * 10 \text{ (Kč/m}^3\text{)} = \underline{550\,000 \text{ Kč}}$$

Roční náklady na servis:

$$2 * \text{servisní prohlídka s garantovaným nástupem do 24 hod} = \underline{180.000,- \text{ Kč}}$$

Náklady na obsluhu:

$$1 \text{ (hod/den)} * 365 \text{ (dnů/rok)} = 365 \text{ hodin/rok} * 360 \text{ Kč/hod.} = \underline{130\,000,- \text{ Kč}}$$

7.2.4 Regulační stanice plynu:Pravidelná obsluha

Pravidelná obsluha zahrnuje vizuální kontrolu stavu regulační stanice, zápis stavu plynoměru. Následují normou předepsané kontroly v předepsaných termínech.

Cena pravidelné údržby

Denní kontroly je možné řešit dispečersky. Práci je možné zajistit jedním člověkem s kvalifikací elektro a plyn s časovou náročností cca 1 hod/den.

Pravidelné servisní úkony provádí smluvní servisní organizace a zahrnují především kontrolu a seřízení regulátorů a příslušenství regulační stanice.

Náklady na servis:

$$\text{Servisní prohlídky cca} = 150.000,- \text{ Kč/rok}$$

7.3 PŘEDBĚŽNÝ PROPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ:

Vzhledem k nejasnostem ohledně místa instalace a neznalosti podmínek zakládání stavby, nutnosti protihlukových opatření a celkovému instalovanému výkonu technologií je níže uvedený propočet pouze informativní.

Tab. 13 Odhad investičních nákladů

Položka	Cena bez DPH
Regulační stanice plynu	2 200 000 Kč
Elektro	4 500 000 Kč
Stavební práce	3 000 000 Kč
Kogenerační jednotky (4x0,77 MW _{el})	52 000 000 Kč
Kotelna (1MW)	2 200 000 Kč
Měření a regulace	3 500 000 Kč
Absorpční výměník	23 500 000 Kč
Strojovny a propoje	2 850 000 Kč
Zázemí zaměstnanců	900 000 Kč
Celkem technologie a práce	70 250 000 Kč
Projektová dokumentace	5 500 000 Kč
Inženýring	5 500 000 Kč
Celkem	175 900 000 Kč

7.4 RIZIKA KOMBINOVANÉ VÝROBY ENERGIE

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla by vzhledem k výše uvedeným vysokým pořizovacím nákladům nebyla pro sektor komerčních služeb vůbec zajímavá, kdyby nebyly náklady na jednu vyrobenou kWh nižší. Je proto účelné, porovnat náklady na vytápění, chlazení a elektrickou energii zakoupené u CZT, CZCH a dodavatele elektřiny a vyrobené ve vlastním kogeneračním zdroji.

Ceny energií z centralizovaných zdrojů jsou v současné době (2012) stanoveny takto (bez DPH):

Teplo z CZT (T_{CZT})	450 Kč/GJ
Chlad z CZCH (CH_{CZCH})	1200 Kč/MWh
Elektrické energie (E_{EE})	4200 Kč/MWh

Orientační spotřeba elektřiny za rok činí asi E_e :	72 500 GJ	20 139 MWh
Roční spotřeba tepelné energie na vytápění E_{vr} :	12 769 GJ	3 547 MWh
Roční potřeba tepelné energie na ohřev TUV E_r :	377 GJ	105 MWh
Spotřeba technologického chladu E_{Tch} :	20 440 GJ	5 678 MWh
Spotřeba chladu k eliminaci tepelných zisků E_{chr} :	3 287 GJ	913 MWh

$$\text{Cena elektrické energie za rok:} \quad = E_e \cdot E_{EE} = 20139 \cdot 4200 = \underline{84\,583\,800 \text{ Kč}}$$

$$\text{Cena vytápění za rok:} \quad = E_{vr} \cdot T_{CZT} = 12769 \cdot 450 = \underline{5\,746\,050 \text{ Kč}}$$

$$\text{Cena ohřevu TUV za rok:} \quad = E_r \cdot T_{CZT} = 377 \cdot 450 = \underline{169\,650 \text{ Kč}}$$

$$\text{Cena tech. chladu za rok:} \quad = E_{Tch} \cdot CH_{CZCH} = 5678 \cdot 1200 = \underline{6\,813\,600 \text{ Kč}}$$

$$\text{Cena klimatizování za rok:} \quad = E_{chr} \cdot CH_{CZCH} = 913 \cdot 1200 = \underline{1\,095\,600 \text{ Kč}}$$

Hrubý odhad celkové ceny za roční dodávku energií z centralizovaných zdrojů je asi:

$$\mathbf{98\,400\,000 \text{ Kč}}$$

Hrubý odhad celkové ceny za roční dodávku energií vyrobenou ze zemního plynu v kogenerační jednotce je asi 51 462 000 Kč přičteme – li k této sumě náklady za nutný servis a údržbu dostaneme se s cenou na:

$$51\,462\,000 + 13\,420\,000 = \mathbf{64\,900\,000 \text{ Kč}}$$

Kogenerační jednotkou lze tedy ušetřit ročně až 33 500 000 milionu korun. Provozní náklady však budou menší až po vrácení vloženého kapitálu do použité technologie a to bude asi za 5 let a 3 měsíce.

Kogenerační jednotka však pokaždé výnosná není, na uvedeném příkladu modelového objektu je efektivita KJ umocněna odběrem tepelné energie v letním období. Toto neplatí všude. Je důležité si před instalací uvědomit vzájemnou vazbu mezi teplem a elektřinou. Jinými slovy kogenerační zařízení není schopno měnit zcela nezávisle poměr výroby tepla a elektřiny, při zvýšeném odběru jedné formy energie stoupne výroba druhé, pro kterou není zajištěn efektivní odběr a provoz se může jevit jako ztrátový. Vzájemná provázanost těchto vyráběných energií komplikuje optimalizaci provozu, a proto by ji měla být návrhu věnována dostatečná pozornost.

Vysoké pořizovací náklady uhrazené jednorázově si často žádají úvěr, který prodlužuje rentabilitu zařízení a při malém ročním využití je dokonce nerentabilní.

U konvenčních kogeneračních jednotek je požadavek na spalování drahých, ušlechtilých, fosilních paliv (vyjma parní kogenerace) jejichž cena je nestálá. Ačkoliv existují na trhu jednotky s výkony v desítkách kiloWatt pro domácnosti a jiné menší odběry, zmíněné nevýhody stojí za nasazováním kogenerace většinou do centralizovaného zásobování.

8. ZÁVĚR

Výše zpracovaná práce se věnovala problematice kombinované výroby elektrické a tepelné energie na konkrétním modelovém objektu nákupního centra. V první kapitole jsem sepsal obecně známá fakta a principy o kogeneraci a kogeneračních jednotkách a vyzdvihl její ekologický přínos. Pozornost jsem věnoval i výrobě chladu, jakožto energii, která má v podnikatelské sféře vysoký potenciál pro další rozvoj. Za důležité jsem považoval vyjmenovat hlavní prvky otopných struktur, zajišťující sdílení, transport a regulování energií, zajišťujících tepelnou rovnováhu člověka ve vnitřním prostředí.

Další kapitola patří energetické legislativě, definující podmínky připojení výrobce do přenosové nebo distribuční sítě, při využití vysokoúčinné kombinované výroby.

Poté již následoval samotný návrh nákupního centra, s řešením prostorového uspořádání a výpočtem tepelných ztrát objektu. Na základě těchto stanovení mohla být určena potřeba základních energií a nadimenzován zdroj, který tyto energie vyrábí ze zemního plynu.

Vzhledem k tomu, že obchodní centrum, respektive kogenerační jednotky pracují do vydělené (izolované sítě), volil jsem možnost spolupráce více jednotek menších, namísto dvou nebo tří větších, kdy v případě výpadku jedné ještě není provoz omezen, popřípadě může jedna kogenerační jednotka sloužit jako studená rezerva.

V páté kapitole jsem se pokusil, napsat technickou zprávu elektroinstalace, obsahující základní části, vyskytující se v projektové dokumentaci, jako je ochrana před úrazem elektrickým proudem, ochrana proti přepětí, přetížení atd.

Velmi hrubému odhadu investičních a provozních nákladů se věnuje poslední kapitola. Vzhledem k nejasnostem ohledně místa instalace a neznalosti podmínek zakládání stavby, nutnosti protihlukových opatření a celkovému instalovanému výkonu technologií je výše uvedený počet pouze informativní.

Nákupní centrum se mi jeví jako velmi dobrý odběratel energie z kogeneračních jednotek. Navzdory relativně velkým pořizovacím nákladům, je v letních měsících zaručen odběr tepla, což je pro výpočet ekonomie provozu velmi příznivé.

Použité zdroje

Odborná literatura

- [1] Interní databáze Dalkia Česká republika a.s., RSEM-ZDS spotřeb energií obch. center;
- [2] Kolektiv autorů: Topenářská příručka, svazek 1 až 3, GAS 2001 a ČSTZ 2007;
- [3] Josef Karafiát: Centralizované zásobování chladem, Teplárenské sdružení 2005;
- [4] Ondřej Grolig: Diplomová práce, Základní parametry technologie pro výrobu energie z biomasy 2009;
- [5] Adam Kučera: Bakalářská práce, Monitorovací nástroje pro objekty a zařízení sítě BACnet 2010;

Internetové stránky

- <http://www.eru.cz/>
- <http://www.rwe.cz/>
- <http://www.mojeenergie.cz/cz/energeticka-legislativa-cr>
- <http://www.businessinfo.cz/cz/clanek/podnikani-v-eu/energetika-v-letech-2004-2009/1000520/53834/#b1>
- http://www.czp.cuni.cz/info/EU/Energetika/kombinovan_vyroba_teplo_a_elekt.htm
- http://cs.wikipedia.org/wiki/Evropsk%C3%A9_spole%C4%8Denstv%C3%AD_uhl%C3%AD_a_oceli
- <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/2000.html>

Přílohy

1. Schéma nákupního centra (modelového objektu)